

# 庐山星子地区中生代构造-岩浆事件与赣江断裂多期活动的关系\*

李中兰<sup>1,2</sup> 崔学军<sup>1\*\*</sup> 王冉<sup>1,2</sup> 夏斌<sup>1</sup> 徐力峰<sup>1,2</sup> 杨巍然<sup>3</sup> 曾佐勋<sup>3</sup> 简平<sup>4</sup>

LI ZhongLan<sup>1,2</sup>, CUI XueJun<sup>1\*\*</sup>, WANG Ran<sup>1,2</sup>, XIA Bin<sup>1</sup>, XU LiFeng<sup>1,2</sup>, YANG WeiRan<sup>3</sup>, ZENG ZuoXun<sup>3</sup> and JIAN Ping<sup>4</sup>

1. 中国科学院边缘海地质重点实验室, 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049

3. 中国地质大学, 武汉 430074

4. 北京离子探针中心中国地质科学院地质研究所, 北京 100037

1. CAS Key Laboratory of Marginal Sea Geology, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Science (CAS), Guangzhou 510640, China

2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3. China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

4. Beijing SHRIMP Center, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China

2006-09-06 收稿, 2007-02-11 改回.

Li ZL, Cui XJ, Wang R, Xia B, Xu LF, Yang WR, Zeng ZX and Jian P. 2007. Relationship between the Cenozoic tectono-magmatic events in Xingzi area, Lushan and the multiphase activities of Ganjiang fault zone. *Acta Petrologica Sinica*, 23(4):839-848

**Abstract** Ganjiang fault zone is the major factor for tectonic control in Southeast China. Lushan (Xingzi) area is located in the northern segment of the Ganjiang fault system and was subject to multiphase tectono-magmatic events of the fault. Detailed studies in terms of field and structural geology and isotopic geochemistry and geochronology indicate that the Haihui granitoid bodies derived from Cenozoic magmatic activity record the major structural features and represent the age of the Ganjiang fault zone (north segment) in Xingzi area, Lushan. The results allow us to characterize the north segment of Ganjiang fault zone in Xingzi area, Lushan, to divide and to date its tectono-magmatic evolutionary stages, and to understand their implications for tectonic evolutionary history of SE China. The Ruichang-De'an drag arc structure and Lushan huge "lens" structure, held between the two secondary faults of Shahe-De'an fault to the west and Hukou-De'an fault to the east, suggest a sinistral translation of the Ganjiang fault, which was found to be coincident with the sinistral translation represented by the ductile deformation of the Haihui granitoid bodies and the eastern margin of the Lushan lens, as both Haihui granitoid bodies and the eastern margin of the Lushan lens and they both are actually resulted from this same sinistral translation of the Ganjiang fault during the same stage; The Z-shaped quartz veins structure and the fracture cleavages of the quartz veins as observed in Liuxingshan suggest that the fault has undergone a transformation from post-sinistral translation-style extension to dextral translation. The Haihui magmatic bodies are simply products of the formation process of Lushan metamorphic core complex under the transpression regime, which was derived from the sinistral translation ( $J_3-K_1$ ) of Ganjiang fault. SHRIMP zircon U-Pb dating for the granite yields a weighted mean age of  $127.2 \pm 1.2$  Ma ( $2\sigma$ , MSWD = 1.17), which is regarded as the age for the Lushan metamorphic core complex. Meanwhile, Rb-Sr dating for the Z-shaped quartz veins produces an  $89 \pm 7.1$  Ma ( $1\sigma$ ) age for the extension event ( $K_2$ ). Finally, it can be concluded that the structure stage division and geochronology of the Xingzi massif can provide a new constraint on the establishment of the spatial and temporal framework of Ganjiang fault (northern segment), and the authors believe that the results would be significant for understanding the tectonic history and metallogenesis in SE China.

**Key words** Granite, Structural geochronology, Ganjiang fault, Xingzi area, Lushan

\* 国土资源部自由探索项目“鄂东南-九瑞地区地壳纬向线形减薄与矿产资源的的关系”(B2-25)资助成果.

第一作者简介: 李中兰, 女, 1966年生, 博士研究生, 高级工程师, 从事构造岩浆演化与成矿研究, E-mail: Lizhl@gig.ac.cn

\*\* 通讯作者: 崔学军, E-mail: xjcuigig@163.com

**摘要** 赣江断裂带是中生代以来华东南大地构造演化所形成的主要构造形迹之一,位于赣江断裂带北段的庐山星子地区受其制约也经历了多期构造-岩浆作用,庐山星子地区的海会花岗岩体则是构造-岩浆作用形成的典型代表。在前人对赣江断裂带的宏观尺度分析的基础上,本次工作经过详细的野外地质构造观察和综合研究,发现庐山星子地区中生代岩浆活动形成的海会花岗岩体保存着赣江断裂北段活动的构造形迹和时代证据,并对赣江断裂带北段活动时代和期次划分补充了年代学资料。综合分析表明,宏观尺度上赣江断裂带西侧的瑞昌-德安牵引弧形构造和夹持于赣江断裂带两条次级断裂之间的“庐山巨型构造透镜体”等很多构造现象总体上表明赣江断裂具有左行运动特征,这与“庐山巨型构造透镜体”东侧边部海会花岗岩体中韧性变形带的左行剪切是一致的,是同期活动的不同表现;而Z字型张裂隙中充填的石英脉及该石英脉中发育的破劈理则揭示了赣江断裂带左行平移后经伸展张裂运动向右行平移的转变。SHRIMP 锆石 U-Pb 法测得海会花岗岩加权平均年龄为  $127.2 \pm 1.2\text{Ma}$  ( $2\sigma, \text{MSWD} = 1.17$ ), Rb-Sr 法测得赣江断裂带北段伸展张裂阶段的Z字型石英脉年龄为  $89 \pm 7.1\text{Ma}$  ( $1\sigma$ ),为赣江断裂带具有多期活动性提供了新的年代学证据。结合赣江断裂带已有研究成果,其多期活动性再次被讨论和强调,这有利于深入认识华东南中生代大地构造的多阶段演化历史。

**关键词** 花岗岩; 构造年代学; 赣江断裂; 庐山星子地区

**中图分类号** P588.121; P542.3; P597.3

## 1 引言

赣江断裂带长达 700km,影响宽度达 60~120km,呈 NNE25° 延向纵贯江西省全境(图 1),从中生代开始发育,将此前东西向构造改造为北北东向,是华东南中生代以来构造演化形成的主要构造形迹(江西省地质矿产局, 1984; 崔学军等, 2002a; 舒良树和周新民, 2002; 邓平等, 2003; 梁兴和吴根耀, 2006),至今仍频繁活动。受其影响,华东南呈现醒目的“隆-断-隆”构造格局,从西向东依次为幕阜山-罗霄山断隆、赣江断裂带和峰山-武夷山断隆。另一方面,赣江断裂带与郟城-庐江断裂带(简称郟庐断裂带)呈雁列式排布,活动历史与郟庐断裂极其相似。赣江断裂带经广东韶关而与吴川-四会断裂相连(杨森楠和杨巍然, 1985; 傅昭仁等, 1999; Li JW *et al.*, 2001; 滕吉文和闫雅芬, 2004),在九江-瑞昌地区与郟庐断裂带“接合”(崔学军等, 2004),且这一结合区在新构造期连续不断发生了不同级别的地震(图 1)、滑坡、塌陷等构造活动。

相对于郟庐断裂来说,赣江断裂研究程度很低,现有资料显示赣江断裂带的活动期次及其时代由南往北有一定变化(崔学军等, 2002a; 邓平等, 2003; 梁兴和吴根耀, 2006),但尚需要精确的年代学研究,因此,有必要对赣江断裂带由南至北不同地段进行构造-岩浆期次研究,以理解其多期活动在不同地段的控岩、控盆和成矿作用。

庐山星子地区中新代构造演化正是赣江断裂带活动的反映,即使在新生代青藏高原强烈抬升、中国东部整体处于相对沉降的状态下,庐山仍然相对隆升;同时古赣江却又渐渐下降,形成了鄱阳湖(周松源等, 2005)。并且,现今的庐山透镜状山体与东、西两侧洼地(断陷盆地)之间在不到 4km 的短距离内落差达 1400m 之多,这与大别山变质核杂岩(Faure *et al.*, 1998)东南麓形成的陡立的断层崖十分相似。可见庐山星子地区中生代的演化对探讨庐山和鄱阳湖的形成显得十分重要。结合前人资料,本文拟将庐山星子地区作为

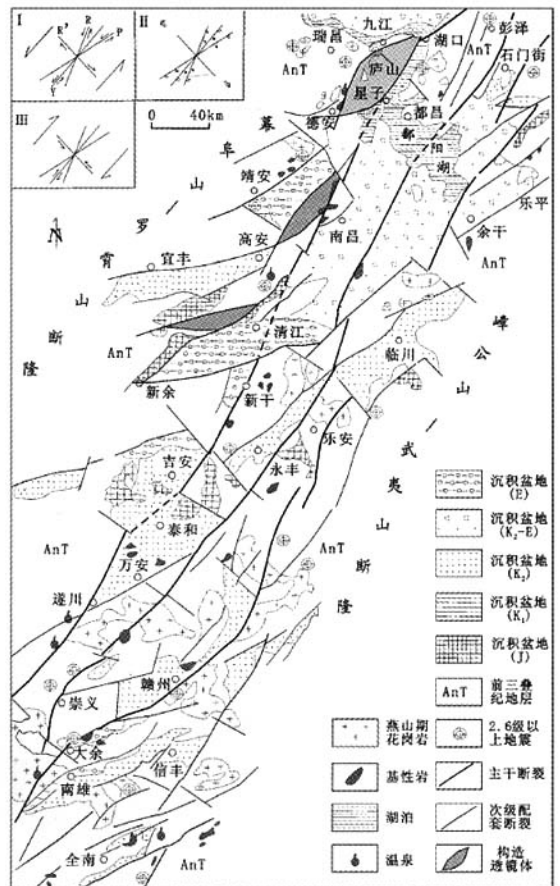


图 1 赣江断裂带略图(据江西省地质矿产局, 1984; 郭英杰, 1981; 邓平等, 2003; 崔学军等, 2005 略改)

Fig. 1 Geological sketch map of the Ganjiang fault zone (modified from JXBGM, 1984; Guo Yingjie, 1981; Deng Ping *et al.*, 2003; Cui Xuejun *et al.*, 2005)

研究赣江断裂的一个窗口,对其构造样式进行描述,划分其构造期次,与赣江断裂的多期活动相对应,并通过重要的两期次活动的同构造岩浆事件的年代学研究,即海会花岗岩 SHRIMP 定年和流星山 Z 字型石英脉的 Rb-Sr 定年确定其相应时代,结合已有的地质构造背景和相对时代关系,为确定赣江断裂(北段)多期活动的精确时间序列提供构造期次和年代学制约。

## 2 赣江断裂带地质构造特征

赣江断裂带由 NNE 向、NE 向和 NW 向三组断裂组成,它们相互交错,有规律地组合在一起,组成的构造样式可称为“鱼骨状”断裂网络结构;其中 NNE 向主干断裂构成“脊骨”,NE 和 NW 向分枝、次级断裂构成“肋骨”,断陷盆地则多分布于“肋骨”断裂之间。组成 NNE 向主干“脊骨”的断裂断续延伸,方向稳定,成带出现,具有等距性,多数断裂以左行压扭性为主。根据断裂的延伸方向又可进一步分为  $20^\circ \pm 2^\circ$  和  $25^\circ \sim 30^\circ$  两组,这两组断裂构成三条大断裂带,即湖口-遂川断裂、彭泽-崇义断裂和石门街-大余断裂,多倾向 SEE, 倾角陡,一般  $70^\circ \sim 85^\circ$ 。组成“肋骨”的断裂可分为 NE  $45^\circ \sim 65^\circ$  方向断裂和北西向断裂两组。

NE 向断裂是赣江断裂带内重要的控盆构造,其中有相当部分形成时间较早,规模较大。赣江断裂带活动时,除部分为新生外,其它多为归并改造先期断裂而成,与 NW 向断裂组成多字型构造,往往成为 NE 向的晚白垩世-古近纪(K<sub>2</sub>-E)盆地的边缘断裂。正是由于这组断裂与 NW 向断裂的联合作用才使得赣江断裂带内出现了多字型断陷。该组断裂带主要存在以下特点:规模大,以等距性出现,往往交错 NNE 向断裂,以压扭性质为主,在赣江断裂左行走滑时期多构成推覆构造的推覆面,但在之后的伸展张裂和右行走滑时期又转变为滑脱构造的滑动面,常与 NW  $320^\circ$  方向的断裂构成多字型构造。另外该方向断裂往往与 NNE 向断裂一起组成人字型构造。该方向断裂倾向 SE 或 NW,倾角较陡,一般  $50^\circ \sim 75^\circ$ 。

NW 向断裂是前述 NNE 向及 NE 向断裂的伴生扭张性断裂,并与它们组成多字型构造,走向有  $305^\circ \sim 310^\circ$  和  $320^\circ \pm$  两组。这组断裂在空间上具等间距特点,规模较大,一般延伸数十公里,以张(扭)性为主,对现代地貌、水系等有明显的控制作用。该方向断裂多倾向 NE,倾角较陡,一般  $65^\circ \sim 75^\circ$ 。

另据重力、航磁和大地电磁深等物探资料(崔学军等, 2005; 邓平等, 2003; 梁兴和吴根耀, 2006),赣江断裂向深部可达莫霍面,其中 NNE 向主干断裂的深部产状近于垂直,而 NW 向和 NE 向次级断裂向下多变为产状平缓的铲式断裂,复合于上、下地壳之间的拆离带上。

可见,赣江断裂是一个典型的复合型构造带,沿赣江一线形成一系列十分醒目的 NE 走向呈多字型排列的白垩纪-古近纪盆地,多字型隆起及多字型断裂组成晚期 NNE 向构造带,由北往南穿越了扬子板块、赣中拗陷带和华夏板块不同构造

单元。从这些特征可以得出赣江断裂按序次分为左行扭动、伸展张裂和右行平移的运动学过程(图 1)。简言之,赣江断裂带以 NNE 向三条断裂为主干,伴生有一系列 NE 向和 NW 向的次级断裂,对沿线的地质体有明显的控制作用,它是一条在地球物理上具有显著重力和航磁异常梯度带的深大断裂带,在岩浆活动上的火山岩带,沉积作用上的一系列晚白垩世-古近纪的“红盆”带(邓平等, 2003)。

前人研究表明赣江断裂带主要受侏罗纪以来太平洋板块运动体制的制约,具有南老北新的特点,起始于早-中侏罗世(J<sub>1-2</sub>)的左行压扭,经历了左行平移阶段(J<sub>3</sub>-K<sub>1</sub>)、伸展阶段(K<sub>1</sub>-K<sub>2</sub>)(即从左行到右行之间的转换阶段)、右行平移阶段(K<sub>2</sub>-E)及差异性升降阶段(晚近时期)总共 5 个期次的活动(傅昭仁等, 1999; 崔学军等, 2002a; 邓平等, 2003; 滕吉文和闫雅芬, 2004; 梁兴和吴根耀, 2006)。在上述赣江断裂 5 个阶段的演化中,其左行平移阶段和之后的伸展张裂与右行平移活动特征较为明显,下面就赣江断裂北段西侧庐山星子地区中生代构造-岩浆事件与赣江断裂带的关系进行剖析。

## 3 庐山星子地区中生代构造-岩浆事件与赣江断裂带的关系

### 3.1 左行牵引弧形构造

瑞昌-德安牵引弧形构造(图 2)长 60km,宽 50km,是一个规模较大的牵引弧形构造。该构造组成地层为中元古界双桥山群-中三叠统,西部具收敛现象,东部向 NE 方向撒开。基于前人资料<sup>①</sup>,弧形构造不局限于瑞昌一带的志留系至三叠系中,还包括庐山、德安等地分布的震旦系(南华系)及中元古界双桥山群。庐山-德安一带的山体走向亦向南凸出而呈弧形弯曲。瑞昌-德安牵引弧形构造与位于赣江断裂北中段南昌附近的西山牵引弧形构造及南昌以南的华山岭牵引弧形构造,三者均位于赣江断裂西侧,呈雁列式排列,总体显示赣江断裂的左行扭动特征。这一现象说明早期近东西向构造线被赣江断裂左行平移运动所牵引改造,使靠近赣江断裂西侧的地层、早期褶皱等被左行牵引转为 NE-NNE 向。它们是受控于赣江断裂左行平移运动而发育起来的,也因此而形成了著名的“星子变质核杂岩”(崔学军和曾佐勋, 2002)。另外与赣江断裂带伴生的人字形构造也非常发育,在左行平移形成牵引弧形构造过程中也形成了一些次级的与早期构造线平行的 NE 向断层,它们与赣江断裂构成人字形构造,也是赣江断裂左行平移运动的反映。

### 3.2 “构造透镜体”:左行平移转换压缩构造

庐山四周以悬崖峭壁与断陷的丘陵、岗地、湖泊、冲积平原截然分开,是一个 NE-SW 向伸展的地垒式的褶皱断块山,

<sup>①</sup> 江西地质科学研究所. 1982. 江西省赣江构造带基本特征初步研究报告.

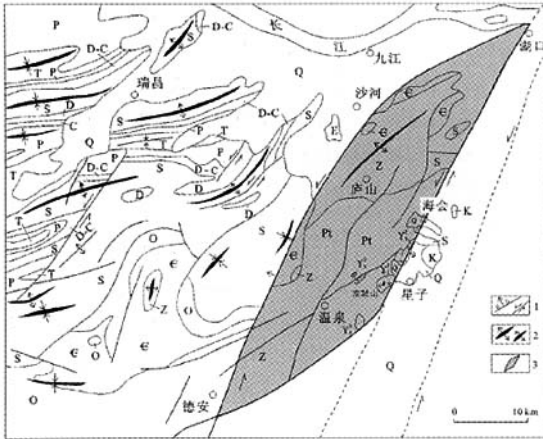


图2 瑞昌-德安牵引弧构造与“庐山巨型构造透视镜”示意图(据江西地质科学研究所, 1982<sup>①</sup>; Lin W *et al.*, 2000 等资料修改)

1-压扭性断裂; 2-背、向斜构造; 3-庐山构造透视镜

Fig. 2 Map showing the drag arc structures in Ruichang-De'an and "Lushan huge structure lens" (modified from JXIG, 1982<sup>①</sup> and Lin W *et al.*, 2000)

1-compress-shear faults; 2-anticline and syncline; 3- Lushan structure lens

两侧分别是九江凹陷、鄱阳凹陷。庐山整个山体呈透视镜状, NE-SW 向长约 25km, NW-SE 向宽约 10km, 面积约 25km<sup>2</sup>, 周长约 70km, 相对高度达 1200~1400m。由图 1 可见, 庐山呈断块山产于赣江断裂带北段, 是夹持于赣江断裂两条次级断裂——庐山西侧的沙河-德安断裂与庐山东侧的湖口-德安断裂之间的一个“巨型构造透视镜”(图 2)。“庐山巨型构造透视镜”的主体是“星子变质核杂岩构造”, 主要由古老变质岩核(下元古界星子群)、褶皱层(中元古界双桥山群)、盖层以及侵入其中的花岗岩体组成(图 3), 接触界限为拆离断层和一系列正断层(谢国刚等, 1997; 吴根耀和符鹤琴, 1998; 毕华等, 1998)。拆离断层上盘为中元古代彭山群浅变质的浊积岩和细碧-石英角斑岩, 其下部发育褶皱层并形成动力变质带。拆离断层下盘为前寒武纪星子岩群结晶岩系(张海洋等, 1999a)、前震旦纪片麻状花岗岩(谢国刚等, 1997; 李武显等, 1998)、中生代花岗岩(星子花岗岩和海会岩体等)和岩脉(李武显等, 2001), 其顶部形成初糜棱岩带, 且部分地段遭受脆性变形和退化变质作用。

此外沿赣江断裂带北段向南, 从“庐山巨型构造透视镜”向南至南昌附近可见“西山构造透视镜”, 再向南又可见“华山岭构造透视镜”(图 1)。这三个“构造透视镜”呈雁列式排列, 单个长轴呈 NE35°~45°, 总体走向与赣江断裂一致, 位于赣江断裂西侧内边部, 是赣江断裂左行平移过程中转换压缩作用(Reading, 1980)所形成, 这在江西省卫星遥感解译图上反映十分清晰(崔学军等, 2005)。

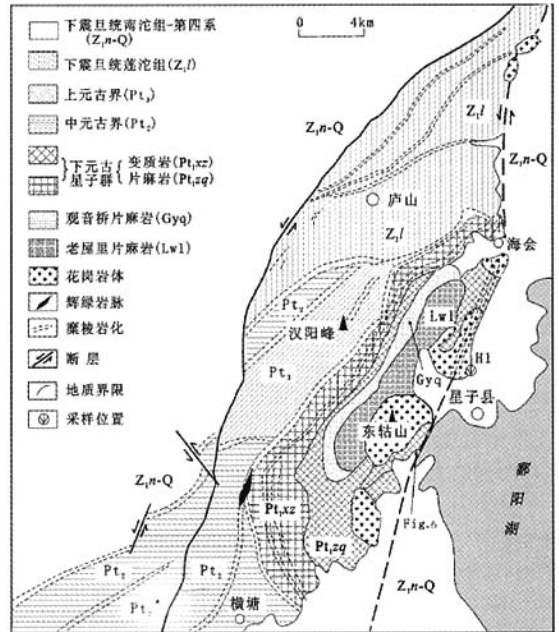


图3 “庐山巨型构造透视镜”地质略图(据江西省地质矿产局, 1984; Lin W *et al.*, 2000 等资料修改)

Fig. 3 Map showing the geotectonic of "Lushan huge structure lens" (modified from JXBCM, 1984 and Lin W *et al.*, 2000)

### 3.3 海会花岗岩 SHRIMP 年龄及变形时代

庐山星子地区中生代花岗岩包括东轱山岩体、玉京山岩体和海会岩体等, 它们位于“庐山巨型构造透视镜”东侧边部。从前述可知这些中生代的花岗岩是“星子变质核杂岩”的重要组成部分。玉京山岩体的东部和海会岩体的东南部受庐山东侧赣江断裂次级断层——胡家垅左行剪切带所改造, 普遍糜棱岩化。那么精确了解这些中生代的岩体的时代对于研究庐山星子地区岩浆-构造事件就具有重要意义。

海会花岗岩样品 H1 采样位置见图 3, 重约 2kg, 采用常规程序分选出锆石。锆石阴极发光(CL)成像和定年均在中国地质科学院北京离子探针中心完成。SHRIMP 定年采用标准程序, 将待测锆石以环氧树脂固定, 抛光至暴露出锆石中心面, 用反光、透光及阴极发光(CL)照相, 查明锆石结构, 避免裂纹和杂质, 在 SHRIMP II 型离子探针仪上完成 U-Pb 测年。应用标准锆石 TEM(417Ma) 进行元素间的分馏校正, 并用标准锆石 SL13(572Ma,  $U = 238 \times 10^{-6}$ ) 标定样品的 U, Th 及 Pb 含量(Black *et al.*, 2003)。详细实验流程、原理和数据处理见文献(Compston *et al.*, 1984; Williams *et al.*, 2000; 宋彪等, 2002; 简平等, 2003), 并采用 Isoplot 程序(Ludwig, 2003)。海会岩体锆石阴极发光图像见图 4, SHRIMP 分析结果列于表 1。由图 4 可见分析锆石粒度变化于 150~300 $\mu$ m 之间, 透明, 浅褐色, 阴极发光照相显示锆石结构单一, 具良好的晶形, 棱柱状,

表1 海会花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 分析结果\*

Table 1 Results of SHRIMP zircon U-Pb dating for Hahui granite

测点	$^{206}\text{Pb}_c$	U ( $\times 10^{-6}$ )	Th ( $\times 10^{-6}$ )	Th/U	$^{206}\text{Pb}^*$ ( $\times 10^{-6}$ )	$\frac{^{206}\text{Pb}^*}{^{238}\text{U}}$ 年龄 (Ma)	$\frac{^{207}\text{Pb}^*}{^{206}\text{Pb}^*}$	$\pm\%$	$\frac{^{207}\text{Pb}^*}{^{235}\text{U}}$	$\pm\%$	$\frac{^{206}\text{Pb}^*}{^{238}\text{U}}$	$\pm\%$
1	0.7	322	279	0.89	5.51	127 ± 2	0.0547	2.8	0.150	3.3	0.0199	1.6
2	0.47	384	194	0.52	6.77	129 ± 2	0.0360	12	0.100	13	0.0201	1.7
3	0.17	328	277	0.87	5.66	127 ± 2	0.0415	10	0.114	10	0.0198	1.7
4	0.39	268	197	0.76	4.60	127 ± 3	0.0439	10	0.120	11	0.0198	2.0
5	0.25	1089	203	0.19	19.1	130 ± 2	0.0470	4.4	0.132	4.6	0.0203	1.5
6	0.17	2510	332	0.14	42.9	127 ± 2	0.0492	1.5	0.135	2.1	0.0199	1.5
7	0.39	351	254	0.75	6.16	130 ± 2	0.0481	6.3	0.135	6.5	0.0203	1.7
8	0.42	299	220	0.76	5.16	126 ± 2	0.0368	13	0.100	13	0.0197	1.8
9	0.25	290	321	1.14	5.07	128 ± 2	0.0422	10	0.117	11	0.0201	1.7
10	0.07	634	291	0.48	11.0	128 ± 2	0.0448	4.5	0.123	4.8	0.0200	1.5
11	2.23	326	214	0.68	5.73	129 ± 2	0.0543	7.5	0.151	7.7	0.0202	1.7
12	0.08	1392	352	0.26	25.1	134 ± 2	0.0485	2	0.140	2.5	0.0209	1.5
13	0.05	2829	406	0.15	46.4	122 ± 2	0.0479	1.7	0.126	2.2	0.0191	1.5
14	0.6	441	382	0.89	7.25	121 ± 2	0.0431	7.6	0.112	7.8	0.0189	1.6
15	0.37	383	237	0.64	6.59	127 ± 2	0.0459	9.4	0.126	9.6	0.0199	1.7

\* 误差为  $1\sigma$ ,  $^{206}\text{Pb}_c$  和  $^{206}\text{Pb}^*$  分别表示普通和放射性成因铅;标准校正值的误差为 0.40%;据实测  $^{204}\text{Pb}$  校正普通铅

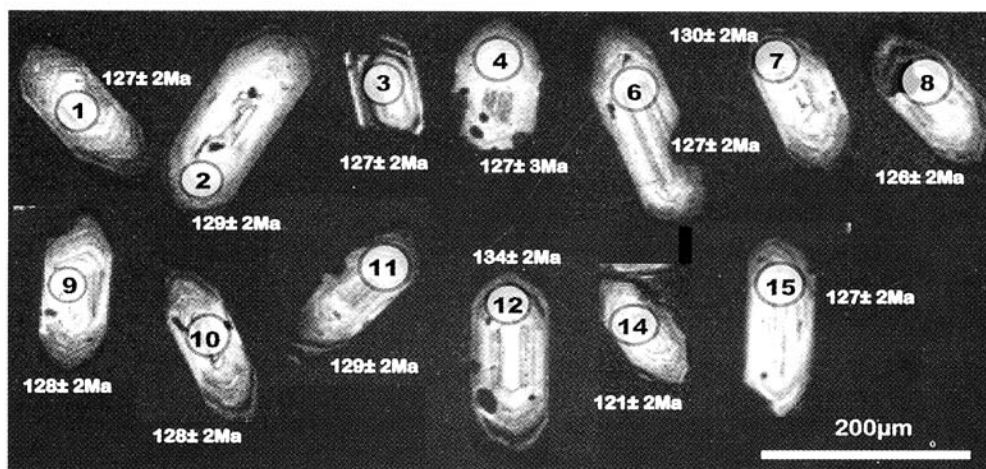


图4 海会花岗岩代表性锆石阴极发光图像

Fig. 4 Representative CL images for zircons from the Hahui granite

并显示清楚的结晶环带,表明其为典型的岩浆锆石。由表1可知分析样品的U、Th和Pb含量均较高,分别介于 $268 \times 10^{-6} \sim 2829 \times 10^{-6}$ ,  $194 \times 10^{-6} \sim 406 \times 10^{-6}$ ,  $4.6 \times 10^{-6} \sim 46.4 \times 10^{-6}$ 之间,Th/U介于0.14~1.14,均大于0.1。加权平均年龄计算去掉了12.1和14.1两个离群点,结果为 $127.2 \pm 1.2\text{Ma}$  ( $2\sigma$ , MSWD=1.17, 95%的置信度,见图5),代表海会岩体的岩浆结晶时代。

从前述可知这些中生代的花岗岩是“星子变质核杂岩”的重要组成部分。玉京山岩体的东部和海会岩体的南东部受赣江断裂带的次级断裂——湖口-德安断裂左行剪切所改造,普遍糜棱岩化。其中新生动力变质矿物绢云母十分普遍。受剪切变形改造的海会花岗岩为片麻状细粒花岗岩,定向构造明显,拉伸线理(走向NE35°,倾向SE,倾角30°)发育,微观研究表明其新生动力变质矿物绢云母粒径为0.01~0.5mm,呈(显)微鳞片状集合体或条痕状定向排列。这期强烈的动力变

质作用则是由赣江断裂左行剪切变形所引起,通过对海会花岗岩中的动力变质矿物绢云母进行 $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ 法测年结果为104~105Ma(崔学军等,2002b),这至少说明赣江断裂北段庐山星子地区在104~105Ma时为左行走滑构造环境。

### 3.4 Z字型追踪张性裂隙及其石英充填物 Rb-Sr 定年

庐山星子地区发育大量张性构造形迹,比较常见的是张性裂隙,这是赣江断裂具有伸展张裂性质的反映。但这些张性裂隙大都较窄,其中充填物很少,这也是长期以来没有得到同位素测年资料的主要原因。本次野外工作经过仔细踏勘和追索,终于在星子县南西方向流星山一带发现了呈Z字形的石英脉,经仔细野外工作发现这种Z字形石英脉就是充填在追踪张性裂隙中的石英充填物。我们在野外采集了Rb-Sr同位素样品测试样品,采样位置见图6a。

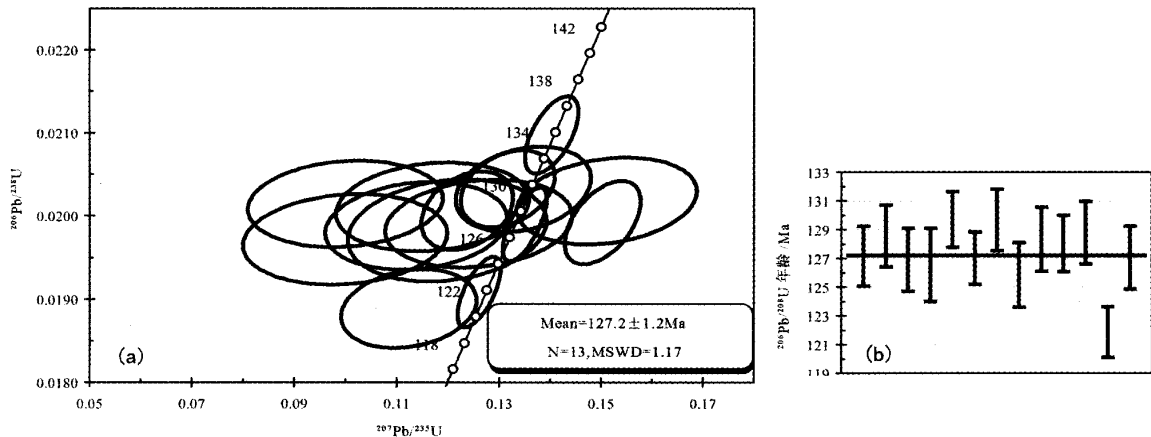


图5 海会花岗岩锆石 U-Pb 年龄的(a)谐和图和(b)统计图

Fig.5 U-Pb concordia plot (a) and age statistics diagram (b) for zircons from Haihui granite

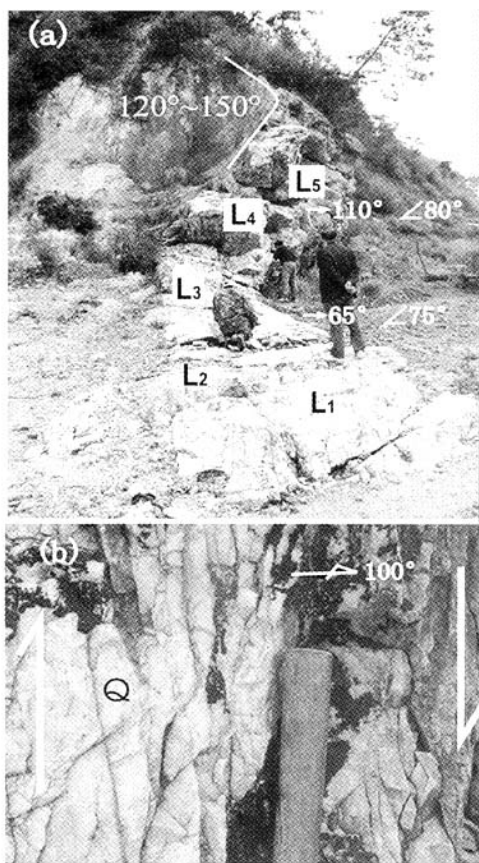


图6 流星山 Z 字型石英脉  
a-构造照片和采样位置, b-石英脉劈理显示右行平移和剪切。Z 字型弯曲角为 120 ~ 150°, L<sub>1</sub> - L<sub>5</sub> 表示石英脉分段采样和编号

Fig.6 The quartz veins in Liuxingshan  
a-Photos showing structure patterns and sampling positions and b-cleavage of quartz vein indicating a dextral transition shearing. The bending angle of Z-shaped structure patterns are 120 ~ 150°, and L<sub>1</sub> - L<sub>5</sub> represents the sampling segments and sampling numbers

流星山 Z 字型石英脉 Rb-Sr 同位素样品由中国地质科学院宜昌同位素地质研究与测试中心李华芹研究员测试, 等时线年龄计算同样采用 Isoplot 程序 (Ludwig, 2003), Rb-Sr 分析结果见表 2, 从表 2 数据拉出的 Rb-Sr 等时线 (图 7) 得 <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr 初始比值为 0.71805 ± 0.00061, 给出的石英的结晶年龄为 89 ± 7.1Ma (1σ), 该结果代表了石英脉的形成时代。由于石英脉是 Z 字型追踪张性裂隙中的充填物, 因此 Z 字型追踪张性裂隙的时代也不早于 89 ± 7.1Ma (1σ), 这一年代数据基本可以代表赣江断裂北段庐山星子地区伸展张裂作用的时代。

表 2 Rb-Sr 同位素 (年龄) 测定结果

Table 2 The results of Rb-Sr isotopic (age) analysis

样品号	Rb (× 10 <sup>-6</sup> )	Sr (× 10 <sup>-6</sup> )	<sup>87</sup> Rb/ <sup>86</sup> Sr	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr (1σ)
L1-1	1.297	0.5932	6.315	0.72599 ± 0.00007
L1-2	1.068	0.5166	5.971	0.72543 ± 0.00004
L4-1	3.425	1.123	8.816	0.72987 ± 0.00012
L4-2	2.401	0.9727	7.128	0.72636 ± 0.00003
L5-1	0.5287	0.5772	2.644	0.72204 ± 0.00006
L5-2	0.5102	0.5711	2.579	0.72084 ± 0.00001

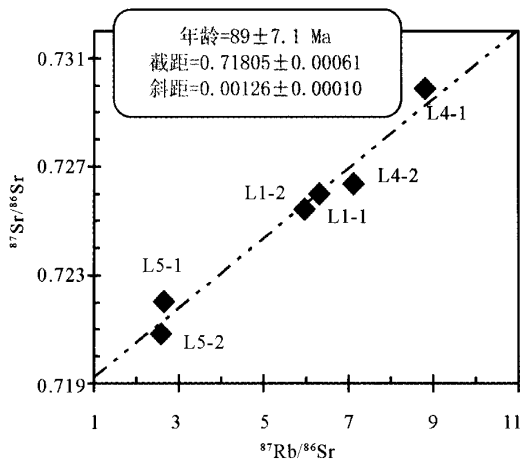


图7 流星山 Z 字形石英脉 Rb-Sr 等时线

Fig.7 Rb-Sr isochron for Liuxingshan Z-shaped quartz veins

### 3.5 右行剪切劈理

#### (1) Z 字型石英脉中发育后期右行剪切劈理

在前述星子县南西方向流星山的 Z 字型追踪张性裂隙石英脉中,发现有两组破劈理,其组成类似剪切带内的 S-C 组构(图 6b),只是这种“S-C 组构”是脆性变形所形成,但与剪切带内的 S-C 组构形成力学机制是一致的,借鉴 S-C 组构运动学判别方法可知,该“S-C 组构”是在右行平移作用下形成的。因此说明该 Z 字型石英脉在形成之后又受到了右行平移运动的改造。

#### (2) “庐山巨型构造透镜体”两侧断裂中的右行剪切劈理

沙河-德安断裂和湖口-德安断裂分别位于“庐山巨型构造透镜体”两侧,是赣江断裂的次级断裂,是赣江断裂左行平移运动过程中转换挤压将“庐山巨型构造透镜体”挤出的重要边界断裂(崔学军和曾佐勋,2002)。如上所述在早期左行运动过程中表现为挤压片理化和糜棱岩化,但在边部两条断裂晚期也具有右行活动的显示,主要表现为密集的劈理化(图 8)。这为赣江断裂后期具有右行平移活动提供了证据。

从上述 Z 字型追踪张性裂隙石英脉和“庐山巨型构造透镜体”两侧断裂中都发现右行剪切劈理可知,赣江断裂带北段庐山星子地区确实曾经发生过右行平移运动,并且右行平移运动是发生在伸展张裂活动之后。

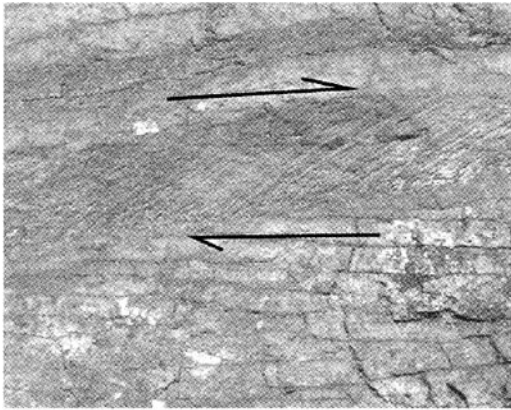


图 8 “庐山巨型构造透镜体”两侧断裂中的右行剪切劈理

Fig. 8 Intensive cleavage induced by the dextral transition of faults in bilateral “Lushan huge structure lens”

## 4 讨论与结论

庐山山体是夹持于沙河-德安断裂与庐山东侧的湖口-德安断裂之间的一个“巨型构造透镜体”,而“星子变质核杂

岩”正是该透镜体构造的主体,“星子变质核杂岩”的形成正是缘于赣江断裂带的左行平移对庐山地体的转换挤压(崔学军和曾佐勋,2002)。转换挤压(Transpression)和转换拉张(Transstension)[据宋鸿林(1996)阐述,应译为斜压和斜张]以及挤压也被认为是湖南-江西断裂系统(包括赣江断裂)的主要变形体制(Li JW *et al.*, 2001)。另外,变质核杂岩形成过程中的侵入岩体可代表其形成时代,海会岩体被认为是“星子变质核杂岩”的岩浆作用的产物(项新葵等,1994;尹国胜和谢国刚,1996;张海祥等,1999b)。海会岩体 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年结果为  $127 \pm 1.2\text{Ma}$  与以前单颗粒锆石 U-Pb 方法获得的年龄  $122 \sim 130\text{Ma}$  (张海祥等,1999b)、桐全全溶 U-Pb 年龄  $126.6 \pm 2\text{Ma}$  (Lin W *et al.*, 2000),以及 LAM-ICP-MS 获得的锆石 U-Pb 年龄  $127 \pm 6\text{Ma}$  (Li XH *et al.*, 2001)在误差范围内一致,也与变质核杂岩中伟晶岩脉单颗粒锆石法获得的 U-Pb 年龄  $127 \pm 2\text{Ma}$  一致(李武显等,2001),则该定年结果代表了“星子变质核杂岩”的形成时代。因此,赣江断裂带北段星子地体左行平移的岩浆作用事件发生在  $127\text{Ma}$  左右,为早白垩世。

另一方面,海会花岗岩形成之后也经受了左行平移的改造,同构造期绢云母的形成时代为  $104 \sim 105\text{Ma}$  (崔学军等,2002b)。Lin W *et al.* (2000)对庐山地区中生代构造演化的研究表明庐山中部变形变质矿物同位素年龄较老( $104 \sim 145\text{Ma}$ ),位于庐山北端的震旦系(南华系)石英砂岩中的同构造白云母 Ar-Ar 年龄为  $113 \sim 125.7\text{Ma}$ ,而东侧同位素年龄较新( $92.7 \sim 126.6\text{Ma}$ )。一些盆地也有拉张背景产生的碱性玄武岩,如赣中地区吉泰盆地北东向赣江断裂带拉张形成的碱性玄武岩为  $139 \sim 143\text{Ma}$  (余心起等,2005)。这说明  $100 \sim 160\text{Ma}$  期间赣江断裂带岩浆活动强烈,而  $92 \sim 145\text{Ma}$  期间庐山地区构造变形变质活动则较为活跃,这正是赣江断裂以左行走滑( $J_3-K_1$ )为主的构造活动时期。

Z 字型追踪石英脉在赣江断裂带内普遍发育,是伸展时期赣江断裂带内的一种典型构造形式,是张裂作用的产物。石英 Rb-Sr 定年结果表明它们是在晚白垩世( $89 \pm 7.1\text{Ma}$ )时形成的,因此  $89 \pm 7.1\text{Ma}$  时赣江断裂为拉张性质。

盆地组合也暗示赣江断裂这一时期的右行运动,沿赣江断裂带发育的晚白垩世-新近纪盆地明显呈多字型雁列(图 1),北东向断裂与北西向断裂组合构成多字型构造,多字型构造内则为晚白垩世-新近纪盆地。这种盆地排列方式与雁行断裂右行走滑运动形成的(右行右列)断陷盆地的排列方式十分相似,因此沿赣江断裂带总体呈 NNE 向展布。呈 NE 向展布的“多字型”雁列的晚白垩世-新近纪盆地的形成,很可能与赣江断裂带的拉张及右行走滑运动有关。赣江断裂中部吉泰盆地中高位碱性侵入岩的同位素年龄为  $55.9 \sim 84.5\text{Ma}$ ,属于板内拉张构造背景,多沿着赣江断裂贯入(谢桂青等,2005),说明  $55.9 \sim 89 \pm 7.1\text{Ma}$  期间( $K_2-E$ )赣江断裂为伸展张裂或者滑脱伸展(邓平等,2003;崔学军等,2005),而其中的葛溪单元 5 个侵入体呈右行雁列,也暗示该



阶段后期已表现为右行走滑,从而间接说明赣江断裂右行活动发生在 55.9Ma 之后。

因此,庐山星子地区的构造-岩浆活动可总结于表 3。可见星子海会岩体形成于左行平移阶段,又被左行平移的剪切变形,产生了大量动热变质的白云母等矿物,后经受了右行平移的改造等,与图 1 和前述宏观构造特征揭示的左行→伸展→右行运动学过程非常一致。而流星山 Z 字型石英脉对左行到右行的转换具有重要指示意义。

表 3 庐山星子地区构造型式和期次划分

Table 3 Structure patterns and phases division for Xingzi terrene

几何学	运动学	时代	资料来源
牵引弧形构造	左行平移	K <sub>1</sub>	江西地质科学研究所 (1982)
庐山构造透镜体	左行平移的 转换压缩	127.2 ± 1.2Ma	本文
剪切带	左行剪切	160 ~ 104Ma	Lin W <i>et al.</i> (2000), 崔学军等(2002b), 崔学军等(2005)
Z 字型石英脉	伸展张裂	89 ± 7.1Ma	本文
石英脉劈理和多字型盆地	右行剪切	K <sub>2</sub> -E	本文
第三纪盆地及其碱性岩	右行剪切	55.9 ~ 84.5Ma	江西省地质矿产局 (1984), 郑文等 (1996), 邓平等(2003), 谢桂青等 (2005), 崔学军等(2005)

综上所述,华南地区中生代盆岭构造发育,赣江断裂带正是导致这一地质地貌特征的最重要的构造形迹之一。它从中生代开始发育,经历五期不同运动学性质的断裂活动,至今仍继续活动。结合前人研究成果,我们得出以下几点认识:(1)受赣江断裂对庐山“巨型构造透镜体”的转换挤压作用,于 127Ma“星子变质核杂岩”形成并伴随着海会岩体岩浆侵位,从成岩开始记录了左行平移、伸展张裂和右行平移等构造事件,表现为多期构造变形和改造。(2)于 89Ma 赣江断裂发生了一次伸展张裂活动,导致了流星山一带“Z”字形张裂隙的形成和石英脉的充填。而流星山 Z 字型石英脉则反映了赣江断裂活动性质从左行到右行转换之间经历了一次伸展张裂活动。(3)赣江断裂不仅在展布方向、内部结构、深部构造、运动学特征及演化历史等方面可以与郟庐断裂类比,而且有着共同的动力学背景,成为中国东南部晚中生代火山岩的西界(王德滋等, 2000; 舒良树和周新民, 2002; 周新民, 2003; 余心起等, 2006), 从中生代开始将中国东部的纬向构造改造为北北东向,在中国东部大地构造演化与成矿中扮演了举足轻重的角色。进一步探讨其内部时空结构、动力学背景和构造演化细节是今后的重要任务。

致谢 在成文过程中周国庆教授给予了指导,审稿专家舒良树教授和岩石学报编辑部审阅了全文并提出了许多宝贵的建设性意见和建议,作者在此谨表谢忱。

## References

- Bi H, Xiang XK and Zhu YS. 1998. Lushan uplift bedding-delamination structure. *Geotectonica et Metallogenia*, 22(1): 21-28 (in Chinese with English abstract)
- Black LP, Kamo SL, Allen CM, Aleinikoff JN, Davis DW, Korsch RJ and Foudoulis C. 2003. Temora 1: A new zircon standard for Phanerozoic U-Pb geochronology. *Chemical Geology*, 200(1-2): 155-170
- Compston W, Williams IS and Meyer C. 1984. U-Pb geochronology of zircons from lunar breccia 73217 using a sensitive high mass-resolution ion microprobe. *J. Geophys. Res.*, 89(Suppl): B525-B534
- Cui XJ, Chen XY, Lou FS, Zhao G and Luo XH. 2002a. The characteristics of Ganjiang fault zone and its relation to Tan-Lu fault zone. *Earth Science Frontiers*, 9(4): 339-340 (in Chinese)
- Cui XJ, Xia B, Zeng ZX, Liu LL, Chen XY and Yang WR. 2004. Junction between Ganjiang fault and tanlu fault and its significance to mineralization. *Geotectonica et Metallogenia*, 28(1): 1-7 (in Chinese with English abstract)
- Cui XJ and Zeng ZX. 2002b. New understanding on the origin of Lushan metamorphic core complex. *Geological Science and Technology Information*, 21(3): 23-23 (in Chinese)
- Cui XJ, Zeng ZX, Yang WR *et al.* 2005. Junction relation of Ganjiang fault and Tancheng-Lujiang faults and its mineralization. Wuhan: China University of Geosciences Press, 9-18 (in Chinese with English abstract)
- Cui XJ, Zhao G, Chen XY and Luo XH. 2002b. Study of the <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar isotopic age for Mesozoic tectonothermal event in Lushan Mountain. *Journal of Chengdu University of technology*, (6): 646-649 (in Chinese with English abstract)
- Deng P, Shu LS, Yang MG, Guo YJ and Yu XQ. 2003. Geological features and dynamic evolution of the Ganjiang fault in Jiangxi province. *Geological Review*, 49(2): 113-122 (in Chinese with English abstract)
- Faure M, Lin W and Sun Y. 1998. Doming in the southern foreland of the Dabieshan (Yangtse block, China). *Terra Nova*, 10(6): 307-311
- Fu ZR, Li ZJ and Zheng DY. 1999. Structural pattern and tectonic evolution of NNE-trending strike-slip orogenic belt in the border region of Hunan and Jiangxi provinces. *Earth Science Frontiers*, 6(4): 263-273 (in Chinese with English abstract)
- Guo YJ, Huang JX and Yang MS. 1981. The primary characteristics of Ganjiang tectonic belt and discussion for the south prolongation of Tan-Lu fault. *Geological Technology Developments*, (9) (in Chinese)
- Jian P, Liu DY, Zhang Q, Zhang FQ, Shi YR, Shi GH, Zhang LQ and Tao H. 2003. SHRIMP dating of ophiolite and leucocratic rocks within ophiolite. *Earth Science Frontiers*, 10(4): 439-456 (in Chinese with English abstract)
- JXBCGM. 1984. Regional geology of Jiangxi Province. Beijing: Geological Publishing House, 921 (in Chinese with English abstract)
- Li JW, Zhou MF, Li XF, Fu ZR and Li ZJ. 2001. The Hunan-Jiangxi strike-slip fault system in southern China: Southern termination of the Tan-Lu fault. *Journal of Geodynamics*, 32(3): 333-354
- Li WX, Xu XS, Zhou XM, Xie GG, Li JH and Li HM. 1998. Epidote granite in the "Xingzi complex" of Lushan Mountain: Dating and genesis. *Geological Review*, 44(2): 143-148 (in Chinese with English abstract)



- Li WX, Zhou XM, Li XH, Xie GG and Li JH. 2001. Zircon U-Pb dating of pegmatite from Xingzi metamorphic core complex of Lushan Mountain and its geological implication. *Earth Science: Journal of China University of Geosciences*, 26(5): 491 - 495 (in Chinese with English abstract)
- Li XH, Liang XR, Sun M, Guan H and Malpas JG. 2001. Precise  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  age determination on zircons by laser ablation microprobe-inductively coupled plasma-mass spectrometry using continuous linear ablation. *Chemical Geology*, 175(3-4): 209 - 219
- Liang X and Wu GY. 2006. Mesozoic evolution of the Ganjiang fault zone and related geodynamic settings. *Chinese Journal of Geology*, 41(1): 64 - 80 (in Chinese with English abstract)
- Lin W, Faure M, Monie P, Scharer U, Zhang LS and Sun Y. 2000. Tectonics of SE China: New insights from the Lushan massif (Jiangxi Province). *Tectonics*, 19(5): 852 - 871
- Ludwig KR. 2003. User's manual for isoplot 3.0: A geochronological toolkit for microsoft excel. Special Publication. Berkeley: Berkeley Geochronology Center, 77
- Reading HG. 1980. Characteristics and recognition of strike-slip fault systems. In: Ballance PF *et al.* (eds). *Sedimentation in ass sediment spec oblique-slip mobile zones*. Int. Ass. Sediment. Spec. Pub., 4: 7 - 26
- Shu LS and Zhou XM. 2002. Late Mesozoic tectonism of southeast China. *Geological Review*, 48(3): 249 - 260 (in Chinese with English abstract)
- Song B, Zhang YH and Liu DY. 2002. Introduction to the naissance of SHRIMP and its contribution to isotope geology. *Journal of Chinese Mass Spectrometry Society*, 23(1): 58 - 62 (in Chinese with English abstract)
- Song HL. 1996. Oblique slip and strike-slip transform structures. *Geological Science and Technology Information*, 15(4): 33 - 38 (in Chinese with English abstract)
- Teng JW and Yan YF. 2004. Abnormal geomagnetic field response at intraplate tectonic boundary in continent and continental margin in southeastern China. *Geotectonica et Metallogenia*, 28(2): 105 - 117 (in Chinese with English abstract)
- Wang DZ, Zhou JC, Qiu JS and Fan HH. 2000. Characteristics and petrogenesis of Late Mesozoic granitic volcanic-intrusive complexes in southeastern China. *Geological Journal of China Universities*, 6(4): 487 - 498 (in Chinese with English abstract)
- Williams EA, Sergeev SA, Stossel I, Ford M and Higgs KT. 2000. U-Pb zircon geochronology of silicic tuffs and chronostratigraphy of the earliest Old Red Sandstone in the Munster Basin, SW Ireland. In: Friend PF and Williams BPJ (eds). *New Perspectives on the Old Red Sandstone*. Geological Society Special Publication. Geological Soc Publishing House, Bath, 269 - 302
- Wu GY and Fu HQ. 1998. A preliminary study on early Precambrian gneissose basement in Lushan-Xingzi region, Jiangxi. *Geotectonica et Metallogenia*, 22(2): 138 - 147 (in Chinese with English abstract)
- Xiang XK, Xu JH and Ma CX. 1994. Preliminary study on the structure of the metamorphic nucleus complex in Lushan. *Journal of East China Geological Institute*, (1): 11 - 17 (in Chinese with English abstract)
- Xie GQ, Mao JW, Hu RZ, Li RL and Cao JJ. 2005. Geological and geochemical characteristics of early Tertiary basaltic rocks in center Jiangxi province, Southeast China and their geological implication. *Acta Petrologica Sinica*, 21(1): 77 - 90 (in Chinese with English abstract)
- Xie GG, Li JH, Li WX, Tang HF, Li HM and Zhou XM. 1997. U-Pb zircon dating of Presinian rocks at Lushan MT. and its geological implication. *Scientia Geologica Sinica*, 32(1): 110 - 115 (in Chinese with English abstract)
- Yang SN and Yang WR. 1985. *Regional tectonics of China*. Beijing: Geological Publishing House, 341 (in Chinese)
- Yin CS and Xie GG. 1996. Extensional structure and the Xingzi metamorphic core complex in the Lushan area, Jiangxi. *Regional Geology of China*, (1): 17 - 26 (in Chinese with English abstract)
- Yu XQ, Shu LS, Deng GH, Wang B and Zu FP. 2005. Geochemical characteristics of Ji-Tai basin alkaline basalts (Jiangxi province) and its tectonic significance. *Geoscience*, 19(1): 133 - 140 (in Chinese)
- Yu XQ, Wu JG, Shu LS, Yan TZ, Zhang D and Di YJ. 2006. The Cretaceous tectonism of the Gan-Han tectonic belt, southeastern China. *Earth Science Frontiers*, 13(3): 31 - 43 (in Chinese with English abstract)
- Zhang HX, Sun DZ and Zhu BQ. 1999. The geochemical characteristics of metamorphic basic volcanics from Xingzi Group, Lushan and the tectonic Implications. *Acta Petrologica Sinica*, 15(3): 372 - 378 (in Chinese with English abstract)
- Zhang HX, Zhu BQ, Tu XL and Sun DZ. 1999. Single-grain zircon U-Pb dating of the Haihui granite in "xingzi metamorphic core complex", Lushan, and its tectonic significance. *Journal Mineral Petrology*, 19(3): 69 - 72 (in Chinese with English abstract)
- Zheng W and Zhang FR. 1996. The characteristics of alkaline intrusive in Ji-Tai basin and its tectonic significance. *Jiangxi Geological Technology*, 23 (Suppl. 1): 57 - 61 (in Chinese with English abstract)
- Zhou SY, Zhang JH, Xu KD, Jiang WS, Peng J and Liu JD. 2005. The control of Ganjiang fault zone on the formation of southern Poyang Lake depression basin. *Natural Gas Industry*, 25(2): 24 - 27 (in Chinese)
- Zhou XM. 2003. My thinking about granite geneses of south China. *Geological Journal of China Universities*, 9(4): 556 - 565 (in Chinese with English abstract)

#### 附中文参考文献

- 毕华, 项新葵, 朱元松. 1998. 庐山隆起-滑脱构造. 大地构造与成矿学, 22(1): 21 - 28
- 崔学军, 陈祥云, 楼法生, 赵赣, 罗小洪. 2002a. 赣江断裂带的特征及其与郟庐断裂带的关系. 地学前缘, 9(4): 339 - 340
- 崔学军, 夏斌, 曾佐勋, 刘立林, 陈祥云, 杨巍然. 2004. 赣江断裂与郟庐断裂接合作用及其成矿意义. 大地构造与成矿学, 28(1): 1 - 7
- 崔学军, 曾佐勋, 杨巍然等. 2005. 赣江断裂带特征及其与郟庐断裂带接合关系与成矿. 武汉: 中国地质大学出版社, 9 - 18
- 崔学军, 曾佐勋. 2002. 庐山变质核杂岩成因的新认识. 地质科技情报, 21(3): 23 - 23
- 崔学军, 赵赣, 陈祥云, 罗小洪. 2002b. 江西庐山中生代构造事件的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄研究. 成都理工学院学报, (6): 646 - 649
- 邓平, 舒良树, 杨明桂, 郭英杰, 余心起. 2003. 赣江断裂带地质特征及其动力学演化. 地质论评, 49(2): 113 - 122
- 傅昭仁, 李紫金, 郑大瑜. 1999. 湘赣边区NNE向走滑造山带构造发展样式. 地学前缘, 6(4): 263 - 273
- 郭英杰, 黄金喜, 杨森生. 1981. 赣江构造带基本特征及郟庐断裂带南延问题的讨论. 地质科技动态, (9)
- 简平, 刘敦一, 张旗, 张福勤, 石玉若, 施光海, 张履桥, 陶华. 2003. 蛇绿岩及蛇绿岩中浅色岩的SHRIMP U-Pb测年. 地学前缘, 10(4): 439 - 456
- 江西省地质矿产局. 1984. 江西省区域地质志. 北京: 地质出版社, 921
- 李武显, 徐夕生, 周新民, 谢国刚, 李均辉, 李惠民. 1998. 庐山“星子杂岩”中绿帘石花岗岩的定年和成因. 地质论评, 44(2): 143 - 148

- 李武显, 周新民, 李献华, 谢国刚, 李均辉. 2001. 庐山“星子变质核杂岩”中伟晶岩锆石 U-Pb 年龄及其地质意义. 地球科学: 中国地质大学学报, 26(5): 491-495
- 梁兴, 吴根耀. 2006. 赣江断裂带中生代的演化及其地球动力学背景. 地质科学, 41(1): 64-80
- 舒良树, 周新民. 2002. 中国东南部晚古中生代构造作用. 地质论评, 48(3): 249-260
- 宋彪, 张玉海, 刘敦一. 2002. 微量原位分析仪器 SHRIMP 的产生与锆石同位素地质年代学. 质谱学报, 23(1): 58-62
- 宋鸿林. 1996. 斜向滑动与走滑转换构造. 地质科技情报, 15(4): 33-38
- 滕吉文, 闫雅芬. 2004. 中国东南大陆和陆缘地带板内构造界带的地磁异常场响应. 大地构造与成矿学, 28(2): 105-117
- 王德滋, 周金城, 邱俭生, 范洪海. 2000. 中国东南部晚中生代花岗岩质火山-侵入岩特征与成因. 高校地质学报, 6(4): 487-498
- 吴根耀, 符鹤琴. 1998. 江西庐山-星子地区早前寒武纪片麻岩基底的初步研究. 大地构造与成矿学, 22(2): 138-147
- 项新葵, 许建华, 马长信. 1994. 庐山变质核杂岩构造的初步研究. 华东地质学院学报(1): 11-17
- 谢桂青, 毛景文, 胡瑞忠, 李瑞玲, 曹建劲. 2005. 赣中早第三纪镁铁质岩石的地质地球化学及其地质意义. 岩石学报, 21(1): 77-90
- 谢国刚, 李均辉, 李武显, 唐红峰, 李惠民, 周新民. 1997. 庐山前震旦纪岩石中锆石 U-Pb 法定年与其地质意义. 地质科学, 32(1): 110-115
- 杨森楠, 杨巍然. 1985. 中国区域大地构造学. 北京: 地质出版社, 341
- 尹国胜, 谢国刚. 1996. 江西庐山地区伸展构造与星子变质核杂岩. 中国区域地质, (1): 17-26
- 余心起, 舒良树, 邓国辉, 王彬, 祖辅平. 2005. 江西吉泰盆地碱性玄武岩的地球化学特征及其构造意义. 现代地质, 19(1): 133-140
- 余心起, 吴淦国, 舒良树, 颜铁增, 张达, 狄永军. 2006. 白垩纪时期赣杭构造带的伸展作用. 地学前缘, 13(3): 31-43
- 张海祥, 孙大中, 朱炳泉. 1999a. 庐山星子群变质基性火山岩的地球化学特征及大地构造意义. 岩石学报, 15(3): 372-378
- 张海祥, 朱炳泉, 涂湘林, 孙大中. 1999b. 庐山“星子变质核杂岩”中海会花岗岩的锆石 U-Pb 年龄及大地构造意义. 矿物岩石, 19(3): 69-72
- 郑文, 张芳荣. 1996. 吉-泰盆地碱性系列基性侵入岩特征及其构造意义. 江西地质科技, 23(增刊): 57-61
- 周松源, 张介辉, 徐克定, 蒋维三, 彭军, 刘家铎. 2005. 赣江断裂带对南鄱阳坳陷成盆的控制作用. 天然气工业, 25(2): 24-27
- 周新民. 2003. 对华南花岗岩研究的若干思考. 高校地质学报, 9(4): 556-565