

朱清波, 黄文成, 孟庆秀, 等. 华夏地块加里东期构造事件: 两类花岗岩的锆石 U-Pb 年代学和 Lu-Hf 同位素制约[J]. 中国地质, 2015, 42(6): 1715-1739.

Zhu Qingbo, Huang Wencheng, Meng Qingxiu, et al. Caledonian tectonic event of Cathaysia block: Constraints on zircon U-Pb geochronology and Lu-Hf isotope for two kinds of granite[J]. Geology in China, 2015, 42(6): 1715-1739(in Chinese with English abstract).

华夏地块加里东期构造事件: 两类花岗岩的锆石 U-Pb 年代学和 Lu-Hf 同位素制约

朱清波 黄文成 孟庆秀 张传林

(南京地质矿产研究所, 江苏 南京 210016)

摘要:为了更好地了解华夏地块加里东期构造事件,对武夷山—井冈山地区加里东期块状花岗岩和片麻状花岗岩进行锆石 U-Pb 年代学和 Lu-Hf 同位素研究。片麻状花岗岩的结晶年龄在 415~440 Ma, 块状花岗岩的结晶年龄为 430~449 Ma。锆石 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 值在 -20~0 之间($n=247$), 绝大多数在 -10 以下。二阶段 Hf 模式年龄 t_{DM}^{C} 在 1.5~2.8 Ga。结合前人资料, 两类花岗岩在形成时代、锆石 Hf 同位素和二阶段 Hf 模式年龄 t_{DM}^{C} 组成上相近, 物质来源主要为不同时代地壳物质的再循环, 没有显著的地幔物质加入。华夏地块加里东期构造热事件形成于陆内造山环境, 430 Ma 左右可能是加里东期造山带构造体制转换的时间, 片麻状构造是同造山或后造山构造变形的结果。

关键词: 华夏地块; 加里东期花岗岩; 锆石 U-Pb 年龄; Hf 同位素; 构造演化

中图分类号: P597 文献标志码: A 文章编号: 1000-3657(2015)06-1715-25

Caledonian tectonic event of Cathaysia block: Constraints on zircon U-Pb geochronology and Lu-Hf isotope for two kinds of granite

ZHU Qing-bo, HUANG Wen-cheng, MENG Qing-xiu, ZHANG Chuan-lin

(Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing 210016, China)

Abstract: For better understanding the Caledonian tectonic event of Cathaysia block, this paper documents a set of new zircon U-Pb geochronological and Hf isotopic analytical results for the Caledonian massive and gneissic granites from Wuyishan-Jinggangshan area. Crystallization ages of gneissic granites range from 415 Ma to 440 Ma, crystallization ages of massive granites range from 430 Ma to 449 Ma. The $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ values of zircons range from -20 to 0($n=247$), most data below -10. The two stage Hf model ages (t_{DM}^{C}) range from 1.5 Ga to 2.8 Ga. Combined with previous data, the authors revealed that the formation age, zircon Hf isotopic form and two stage Hf model ages (t_{DM}^{C}) of the two kinds of granite are similar. Granites were derived from crustal source of different times, which recycled during Caledonian. In addition, the addition of juvenile mantle-derived magma was insignificant. The Caledonian tectothermal event of Cathaysia block took place within an intracontinental orogenic environment. Caledonian

收稿日期: 2014-11-02; 改回日期: 2015-03-31

基金项目: 中国地质调查局项目“晋宁期—加里东期构造—岩浆活动及构造格局演变对区域成矿作用的制约”(1212011121097)资助。

作者简介: 朱清波, 男, 1986 年生, 硕士, 构造地质学专业; E-mail: zhuqingbo1234@163.com。

orogen may have transformed its tectonic regime at about 430Ma, and gneissic structure resulted from synorogenic or late-orogenic deformation.

Key words: Cathaysia Block; Caledonian granite; U-Pb age; Hf isotopic of zircon; structural evolution

About the first author: ZHU Qing-bo, male, born in 1986, master, majors in structural geology; E-mail: zhuqingbo1234@163.com.

华南加里东期造山事件自扬子板块的东部、江南造山带至华夏地块广泛存在^[1-6]。华夏地块基底变质岩系在加里东期经历了强烈的再造和深熔作用^[7],普遍发生了绿片岩相-角闪岩相的变质作用,局部发生了角闪岩相-麻粒岩相变质作用^[5,8]和混合岩化^[6,9-10]。泥盆纪与奥陶纪之间角度不整合面之下的前寒武纪基底-早古生代地层发生韧性剪切^[11-12]和褶皱冲断变形^[12-13]及广泛的岩浆活动^[3-4,14-15]。

华夏地块广泛展布的早古生代花岗岩体是华南加里东运动的重要标志^[4,16]。前人将早古生代花岗岩划分为同造山的片麻状花岗岩和后造山的块状花岗岩^[17-18],认为片麻状花岗岩与碰撞前期的剪切深熔作用相关,块状花岗岩与主碰撞期的俯冲熔融作用相关,混合花岗岩则是主碰撞期后伸展热隆升的结果^[19]。部分研究者则认为块状花岗岩与片麻状花岗岩(混合岩)的形成时代相近^[3,10,20],部分早古生代花岗岩体的片麻状构造是印支-燕山期伸展滑覆构造叠加、改造的结果^[21]。最近,一些被认为是前寒武变质基底或印支期岩体的混合岩、片麻状花岗岩陆续被证实属于加里东期造山作用的产物^[4,20,22]。可见对于华夏地块早古生代两类花岗岩体需要进一步的年代学约束。此外关于其成因机制也一直存在广泛争议,主要有:(1)俯冲-碰撞造山模式^[23-27];(2)岩石圈拆沉模式^[15,28];(3)陆内造山模式^[4-5,11,13,20,29-30]。

本文对华夏地块武夷山-井冈山地区的早古生代片麻状花岗岩和块状花岗岩进行了锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学和 Lu-Hf 同位素研究,进一步约束了两类花岗岩的形成时代和物质来源,并结合前人研究成果对其成因机制进行了探讨。

1 区域地质概况

研究区位于华南加里东造山带的东段,北以江绍断裂和郴州-临武断裂与扬子东南缘江南新元古代造山带相邻,南以政和-一大埔断裂带与东南沿海晚中生代花岗质火山-侵入杂岩带相接^[17]。研究

区出露的前寒武纪基底主要有福建北西部的天井坪组和麻源群、浙江西南部的八都群、江西中部的周潭群及广东西南部的云开群和高州群等^[5],普遍发生了绿片岩相-角闪岩相的变质作用,局部达到了麻粒岩相^[14]。震旦至奥陶系为浅海-半深海相碎屑岩沉积,强烈的加里东运动使研究区普遍缺失志留系-中泥盆统沉积,中泥盆世之后研究区进入稳定沉积阶段,区内多处可见泥盆系与下伏地层和加里东期岩体呈角度不整合接触(图1)。

华南地区加里东期花岗岩广泛展布于政和-一大埔断裂和安化-罗城断裂之间^[31-32],呈北东或北北东向延伸^[16]。主要分布在武夷山-云开山(425~450 Ma)^[3-5,26-28,33]、武功山-井冈山(400~420 Ma)^[34-36]及雪峰山(390~410 Ma)^[1-2,37]三个地区,岩浆活动显示自南东向北西迁移的趋势^[22]。主体出露于武夷-云开山及武功山一带的加里东期片麻状花岗岩和混合岩主要形成时间在 410~450 Ma^[31-32],与区域上其他块状花岗岩形成时代相近,均发育于中奥陶世-早泥盆世早期^[20](图1)。

2 测试方法

用于锆石 U-Pb 定年和 Lu-Hf 同位素分析的 11 件样品均采自岩体内部无明显变质蚀变和岩脉穿插的部位,单件样品重约 5 kg。锆石的分选工作在河北省廊坊宇能岩石矿物分选技术服务有限公司完成,样靶制备和锆石阴极发光照相在北京奥金顿制靶公司完成。

样品 WY14-2、WY018、WY031、WY035、2012SC19-3、2012SC38-1 和 2012SC41 的 LA-MC-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年在天津地质矿产研究所同位素实验室进行,等离子质谱仪为 Thermo Fisher 公司制造的 Neptune,激光器为美国 ESI 公司生产的 UP193-FX ARF 准分子激光器。在分析过程中,激光剥蚀的斑束直径选为 32 μm ,频率为 8~10 Hz,以 He 作为剥蚀物质的载气。应用 NIST612

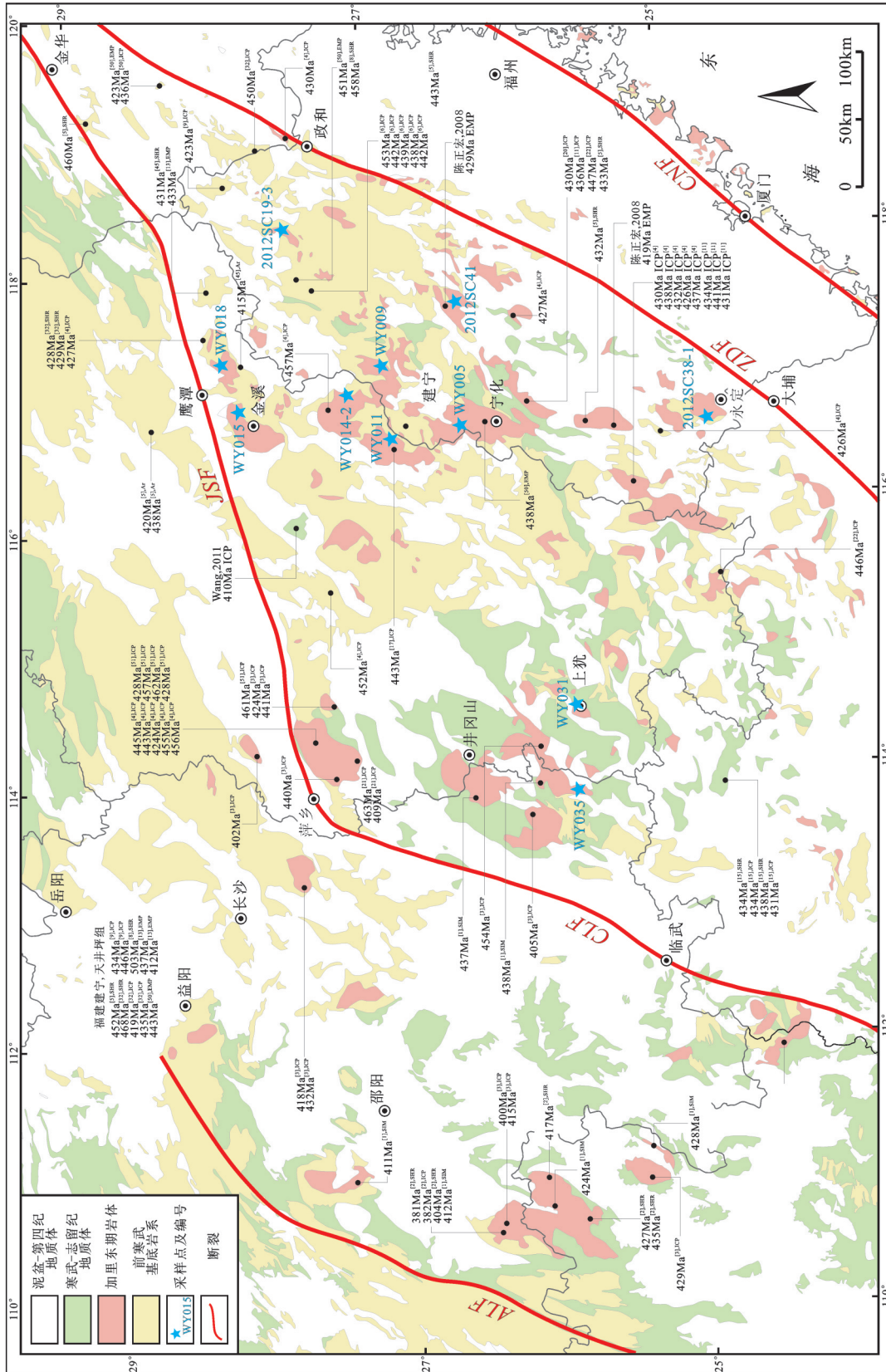


图1 研究区地质简图

ALF—安化—罗城断裂带; JSF—江山—绍兴断裂带; CLF—郴州—临武断裂带; ZDF—政和—大埔断裂带; CNF—长乐南澳断裂带; ICP—锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年; SHR—锆石 SHRIMP U-Pb 定年; Ar-⁴⁰Ar-³⁹Ar 定年; EMP—EMP 独居石定年; SIM—SIMS 锆石 U-Pb 定年

Fig.1 Geologic map of the study area

ALF—Anhua—Luocheng fault zone; JSF—Jiangshan—Shaoxing fault zone; CLF—Chenzhou—Linwu fault zone; ZDF—Zhenghe—Dapu fault zone; CNF—Changle—Nanao fault zone; ICP—LA-ICP-MS U-Pb dating for zircons; SHR—SHRIMP U-Pb dating for zircons; Ar-⁴⁰Ar-³⁹Ar dating; EMP—EMP dating for monazites; SIM—SIMS U-Pb dating for zircons

玻璃作为元素外标, 锆石标样 GJ-1 进行同位素分馏校正, 锆石标样 Mud Tank 作为同位素监控样。具体分析方法及仪器参数见文献[38]。样品 WY005、WY009、WY011 和 WY015 的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年在合肥工业大学资源与环境工程学院进行, 等离子质谱仪为美国 Agilent 公司生产的 Agilent 7500a, 激光剥蚀系统为美国 Coherent Inc. 公司生产的 GeoLasPro。在分析过程中, 激光剥蚀的斑束直径选为 32 μm , 频率为 6 Hz, 以 He 作为剥蚀物质的载气。应用 NIST610 玻璃作为元素外标, 锆石标样 91500 进行同位素分馏校正, 锆石标样 Mud Tank 作为同位素监控样。锆石测定点的 Pb 同位素比值、U-Pb 表面年龄和 U-Th-Pb 含量采用 ICPMSDataCal 软件计算^[39], 普通 Pb 校正采用文献[40]的方法, 锆石 U-Pb 谐和年龄和加权平均年龄均采用 Isoplot/Ex_ver3^[41] 计算完成。具体分析方法及仪器参数见文献[42]。

锆石 Lu/Hf 同位素分析在天津地质矿产研究所同位素实验室的多接收器电感耦合等离子体质谱仪 (NEP TUNE) 和氟化氙准分子激光器 (NEW WAVE 193 nm EX) 上进行, 详细的实验分析过程见文献[43]。对已进行过 U-Pb 同位素分析的锆石进行 Lu/Hf 同位素分析, 激光剥蚀的斑束直径为 50 μm 或 75 μm , 能量密度为 10~11 J/cm², 频率为 8~10 Hz。在实验过程中, 标准锆石 GJ-1 和 MUD 的 ¹⁷⁶Hf/¹⁷⁷Hf 加权平均值均与已报道值相一致^[44-45]。

3 分析结果

WY005 中锆石多呈自形较好的长柱状, 粒径为 (70~100) μm × (250~300) μm 。CL 图像具有岩浆锆石的特征 (Th/U=0.17~0.90), ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄在 398~479 Ma (表 2), 加权平均年龄 (415.8 ± 3.5) Ma (MSWD = 7.4, n=20) (图 2-a) 代表了宁化岩体片麻状花岗岩的侵位结晶年龄。以 $t=415.8\text{Ma}$ 计算其 ¹⁷⁶Hf/¹⁷⁷Hf 初始值为 0.282166~0.282285, $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 为 -12.57~-8.37 (平均值为 -10.73), t_{DM}^{C} 为 1.92~2.19 Ga (平均值为 2.07 Ga) (表 3), 指示其源岩主要为古元古代地壳物质。

WY011 中锆石自形度较好, 粒径为 (135~240) μm × (270~440) μm 。绝大多数岩浆锆石的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄集中在 392~499 Ma (表 2), 加权平均年龄

(421.1 ± 5.3) Ma (MSWD=2, n=34) (图 2-b) 代表了泰宁岩体片麻状钾长花岗岩的侵位结晶年龄 (图 2-b)。以 $t=421.1\text{Ma}$ 计算其 ¹⁷⁶Hf/¹⁷⁷Hf 初始值为 0.282117~0.282317, $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 为 -14.27~-7.18 (平均值为 -9.52), t_{DM}^{C} 为 1.85~2.29 Ga (平均值为 2.00 Ga) (表 3)。多数继承核 (具岩浆锆石特征) 的年龄与其外部环带相差不大, 仅 11 和 37 号位于继承核的分析点获得了中一新元古代的锆石年龄, 另外还获得了 620 Ma 的捕获锆石, 表明其源岩可能为中一新元古代的地壳物质。

WY014-2 中锆石粒径为 (75~170) μm 。绝大多数岩浆锆石的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄集中在 435~443 Ma, 加权平均年龄 (436.4 ± 1.7) Ma (MSWD = 1.05, n=24) 代表了黎川岩体片麻状花岗岩的侵位结晶年龄 (图 2-c)。以 $t=436.4\text{Ma}$ 计算出岩浆锆石的 ¹⁷⁶Hf/¹⁷⁷Hf 初始值为 0.281888~0.282348, $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 为 -22.03~-5.76 (平均值为 -13.52), t_{DM}^{C} 为 1.77~2.79 Ga (平均值为 2.26 Ga)。少量捕获锆石和继承核的年龄在 530~1670 Ma, 其 ¹⁷⁶Hf/¹⁷⁷Hf 初始值为 0.281422~0.282072, $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 为 -20.11~-0.73, t_{DM}^{C} 为 2.09~3.23 Ga (表 3)。指示其源岩主要为中一新元古代地壳物质。

2012SC41 中锆石粒径在 (47~100) μm × (160~240) μm 。绝大多数为岩浆锆石 (Th/U=0.16~7.18), ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄为 441~460 Ma (表 2), 加权平均年龄 (439.5 ± 1.8) Ma (MSWD=0.12, n=21) (图 2-d) 代表了沙县岩体片麻状花岗岩的侵位结晶年龄。709~2880 Ma 之间的捕获锆石和继承核的 ¹⁷⁶Hf/¹⁷⁷Hf 初始值为 0.280981~0.282158, $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 为 -31.26~-4.83, t_{DM}^{C} 为 1.78~3.75 Ga。以 $t=439.5\text{Ma}$ 计算出岩浆锆石 (441~460 Ma) 的 ¹⁷⁶Hf/¹⁷⁷Hf 初始值为 0.281999~0.282318, $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 为 -18.02~-6.75 (平均值为 -10.76), t_{DM}^{C} 为 1.84~2.54 Ga (平均值为 2.09 Ga) (表 3)。少量捕获锆石的年龄在 728~923 Ma 和 2575~2880 Ma, 部分岩浆锆石发育继承核 (具碎屑锆石特征) 且继承核的年龄在 709 Ma 左右, 指示其原岩时代可能为新元古代。

样品 2012SC38-1 中的锆石晶型良好, 粒径在 (58~120) μm × (130~295) μm 。CL 图像显示绝大多数锆石具有岩浆锆石的特征 (Th/U=0.16~0.78), ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄在 422~501 Ma (表 2), 加权平均年龄 (439.5 ± 2.1) Ma (MSWD=1.3, n=23) (图 2-e 和图 2-f) 代表了上杭岩体片麻状花岗岩的侵位结晶年龄。部分变质

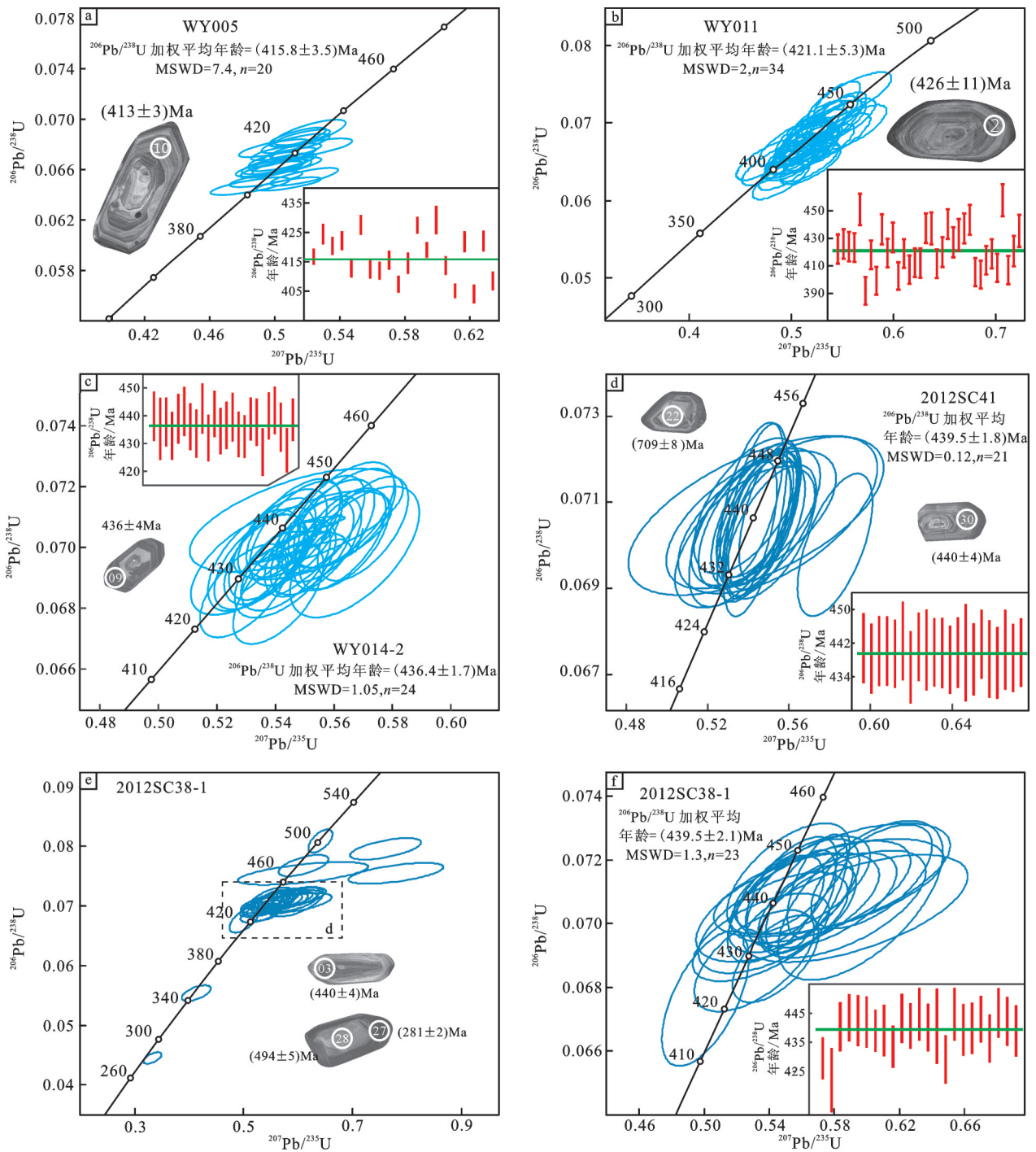


图2 片麻状花岗岩锆石U-Pb年龄谐和图
Fig.2 Zircon U-Pb concordia diagrams for gneissic granites

增生边的年龄(281~348 Ma)记录了海西期的构造热事件。以 $t=439.5$ Ma 计算出的 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 初始值为 0.281970~0.282365, $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 为 -19.07~-5.09(平均值为 -9.66), t_{DM}^{c} 为 1.73~2.61 Ga(平均值为 2.02 Ga)(表

3), 指示其源岩主要为古元古代地壳物质。

WY009 中锆石粒径在 $(100\sim 200)\mu\text{m} \times (260\sim 550)\mu\text{m}$ 。其中岩浆锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄在 423~464 Ma (表2), 加权平均年龄 $(439.8 \pm 4.8)\text{Ma}$ (MSWD=4.1, $n=$

表 1 加里东期花岗岩年代学数据
Table 1 Chronological data of Caledonian granite samples

样品号	岩体	位置	岩性	GPS	结晶年龄/Ma	继承年龄/Ma	$\epsilon_{\text{Hf}}(t)$	$t_{\text{DM}}^{\text{C}}/\text{Ga}$
2012SC38-1	上杭岩体	上杭, 稔田	片麻状花岗岩	E116°38' 13" N24°51' 43"	439.5±2.1	-----	-19.07~-5.09	1.73~2.61
2012SC41	沙县岩体	沙县, 富口	片麻状花岗岩	E117°40' 32" N26°28' 48"	439.5±1.8	728~2880	-18.02~-6.75	1.84~2.54
WY011	泰宁岩体	泰宁, 大田	片麻状钾长花岗岩	E116°35' 30" N26°58' 12"	421.1±5.3	1176~620	-14.27~-7.18	1.85~2.29
WY005	宁化岩体	宁化, 安远	片麻状花岗岩	E116°40' 39" N26°31' 16"	415.8±3.5	-----	-12.57~-8.37	1.92~2.19
WY014-2	黎川岩体	黎川县	片麻状花岗岩包体	E116°54' 04" N27°17' 22"	436.4±1.7	530~1670	-22.03~-5.76	1.77~2.79
WY009	上青岩体	建宁, 上青	黑云母花岗岩	E117°10' 50" N27°01' 07"	439.8±4.8	553~2506	-12.97~-4.02	1.66~2.22
WY018	贵溪岩体	贵溪, 金屯	黑云母花岗岩	E117°15' 09" N28°06' 26"	438.5±1.4	-----	-19.09~-5.39	1.75~2.61
WY015	金溪岩体	金溪, 陆坊	黑云母花岗岩	E116°50' 22" N28°00' 44"	449±14	591~1968	-----	-----
2012SC19-3	五夫岩体	武夷山, 五夫	黑云母花岗岩	E118°14' 02" N27°37' 47"	433.7±2.1	629~930	-----	-----
WY031	上犹岩体	上犹县	黑云母花岗岩	E114°31' 11" N25°48' 52"	430.5±1.6	554~1140	-16.02~-1.63	1.50~2.41
WY035	桂东岩体	汝城县	黑云母花岗岩	E113°49' 48" N25°46' 20"	438.0±1.5	-----	-19.07~-3.99	1.66~2.61

18)(图 3-a)代表了上青岩体黑云母花岗岩的侵位结晶年龄。以 $t=439.8 \text{ Ma}$ 计算出岩浆锆石(423~464 Ma)的 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 初始值为 0.282142~0.282395, $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 为 -12.97~-4.02(平均值为 -11.03), t_{DM}^{C} 为 1.66~2.22 Ga(平均值为 2.10 Ga)(表 3)。部分锆石具有继承核(浑圆或不规则状, 无明显环带结构), 其年龄主要为 553~619 Ma、735~839 Ma、1260 Ma 和 2506 Ma, 继承核的 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 初始值为 0.281159~0.282038, $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 为 -41.18~-7.77, t_{DM}^{C} 为 2.21~4.20Ga(表 3)。表明其源岩主要为中一新元古代的地壳物质。

WY015 中锆石粒径在(140~200) $\mu\text{m} \times (230\sim 470) \mu\text{m}$ 。岩浆锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄集中在 419~507 Ma ($n=13$), 加权平均年龄(449±14)Ma(MSWD=3.2, $n=11$)(图 3-c 和图 3-d)代表了金溪岩体黑云母花岗岩的侵位结晶年龄。部分岩浆锆石内继承核的年龄集中在 591~880 Ma($n=10$)、1280~1348 Ma($n=4$) 和 1693~1968 Ma($n=3$) 三个区间, 表明其源岩可能为中一新元古代的地壳物质。

WY018 中锆石自形程度较好, 粒径在(50~145) $\mu\text{m} \times (100\sim 365) \mu\text{m}$ 。CL 图像显示锆石全部为岩浆锆石, 部分具有继承核, 且继承核与外部环带的年龄相近。 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄集中在 427~443 Ma(表 2), 加

权平均年龄(438.5±1.4)Ma(MSWD=0.78, $n=30$)(图 3-b)代表了贵溪岩体黑云母花岗岩的侵位结晶年龄。以 $t=438.5 \text{ Ma}$ 计算其 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 初始值为 0.281970~0.282357, $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 为 -19.09~-5.39(平均值为 -9.65), t_{DM}^{C} 为 1.75~2.61Ga(平均值为 2.02 Ga)(表 3), 指示其源岩主要为古元古代地壳物质。

2012SC19-3 中锆石粒径在(55~100) $\mu\text{m} \times (100\sim 250) \mu\text{m}$ 。629~930 Ma 的锆石多为捕获的新元古代岩浆锆石, 部分为继承核(具碎屑锆石特征)的年龄, 其加权平均年龄(876±21)Ma($n=11$)可能代表了其原岩时代。绝大多数岩浆锆石的年龄集中在 386~498 Ma(表 2), 加权平均年龄(433.7±2.1)Ma(MSWD=3.5, $n=52$)(图 3-e~f)代表了五夫岩体黑云母花岗岩的侵位结晶年龄。此外, 少量锆石发育 302~347 Ma 的变质增生边, 其加权平均年龄(331±17)Ma($n=7$)可能代表了该期构造热事件发生的时间。

WY031 中锆石粒径在(50~160) μm , 绝大多数岩浆锆石的年龄集中在 426~437 Ma(表 2), 加权平均年龄为(430.5±1.6)Ma(MSWD=0.23, $n=26$)(图 3-g), 代表了上犹岩体黑云母花岗岩的侵位结晶年龄。以 $t=430.5 \text{ Ma}$ 计算其 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 初始值为 0.282062~0.282468, $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 为 -16.02~-1.63(平均值为 -6.11),

表2 锆石U-Th-Pb同位素分析结果
Table 2 Analytical results of U-Th-Pb isotopes for zircons

点号	同位素含量/ 10^{-6}		Th/U	同位素比值								表面年龄/Ma					
	^{232}Th	^{238}U		^{207}Pb		^{207}Pb		^{206}Pb		^{208}Pb		^{207}Pb		^{206}Pb		^{207}Pb	
				^{206}Pb	1σ	^{235}U	1σ	^{238}U	1σ	^{232}Th	1σ	^{206}Pb	1σ	^{238}U	1σ	^{235}U	1σ
WY005, 宁化岩体片麻状花岗岩, 宁化县安远乡墩和村 (E116° 40' 39", N26° 31' 16")																	
01	143	842	0.17	0.0541	0.0006	0.4992	0.0099	0.0668	0.0004	0.0209	0.0002	376	22	411	7	417	2
02	127	225	0.57	0.0545	0.0008	0.5504	0.0129	0.0734	0.0006	0.0210	0.0002	391	33	445	8	457	3
03	143	283	0.51	0.0544	0.0009	0.5129	0.0139	0.0681	0.0005	0.0206	0.0002	387	42	420	9	424	3
04	154	302	0.51	0.0543	0.0007	0.5072	0.0143	0.0674	0.0004	0.0205	0.0002	383	31	417	10	420	3
05	138	1250	0.11	0.0533	0.0004	0.4996	0.0143	0.0677	0.0005	0.0206	0.0002	343	19	411	10	422	3
06	87.6	399	0.22	0.0546	0.0007	0.4837	0.0133	0.0641	0.0004	0.0212	0.0002	398	34	401	9	400	2
07	152	469	0.32	0.0548	0.0007	0.5255	0.0134	0.0695	0.0006	0.0211	0.0002	467	28	429	9	433	3
08	102	194	0.53	0.0559	0.0010	0.5508	0.0155	0.0713	0.0004	0.0212	0.0003	456	39	446	10	444	3
09	80.0	196	0.41	0.0581	0.0011	0.5662	0.0172	0.0704	0.0005	0.0213	0.0003	600	38	456	11	439	3
10	118	324	0.36	0.0544	0.0008	0.4975	0.0143	0.0661	0.0005	0.0205	0.0002	387	33	410	10	413	3
11	154	1687	0.09	0.0544	0.0003	0.5141	0.0116	0.0686	0.0005	0.0215	0.0002	387	47	421	8	428	3
12	104	152	0.69	0.0551	0.0011	0.5011	0.0143	0.0661	0.0005	0.0205	0.0003	417	44	412	10	412	3
13	166	280	0.59	0.0549	0.0008	0.4982	0.0129	0.0660	0.0004	0.0207	0.0002	409	31	410	9	412	3
14	74.2	261	0.28	0.0551	0.0008	0.5049	0.0136	0.0666	0.0005	0.0216	0.0003	417	33	415	9	415	3
15	123	297	0.41	0.0550	0.0009	0.4946	0.0149	0.0652	0.0004	0.0210	0.0002	413	40	408	10	407	2
16	131	200	0.66	0.0550	0.0010	0.5017	0.0145	0.0664	0.0005	0.0212	0.0003	413	41	413	10	415	3
17	178	198	0.90	0.0618	0.0014	0.6027	0.0204	0.0704	0.0007	0.0238	0.0005	665	53	479	13	438	4
18	166	933	0.18	0.0547	0.0005	0.5171	0.0112	0.0685	0.0004	0.0213	0.0002	467	16	423	8	427	2
19	222	717	0.31	0.0550	0.0006	0.5088	0.0110	0.0672	0.0004	0.0195	0.0002	413	24	418	7	419	2
20	154	256	0.60	0.0551	0.0011	0.5210	0.0150	0.0688	0.0007	0.0218	0.0003	413	43	426	10	429	4
21	104	231	0.45	0.0555	0.0011	0.5074	0.0141	0.0663	0.0005	0.0211	0.0003	432	43	417	9	414	3
22	341	449	0.76	0.0568	0.0008	0.5087	0.0132	0.0649	0.0003	0.0203	0.0003	487	32	418	9	405	2
23	255	982	0.26	0.0555	0.0005	0.4833	0.0120	0.0634	0.0004	0.0195	0.0002	435	20	400	8	396	2
24	88.1	216	0.41	0.0559	0.0009	0.5225	0.0161	0.0676	0.0005	0.0206	0.0003	450	35	427	11	422	3
25	175	274	0.64	0.0546	0.0009	0.4849	0.0162	0.0647	0.0005	0.0203	0.0002	394	32	401	11	404	3
26	120	280	0.43	0.0581	0.0011	0.5671	0.0212	0.0710	0.0005	0.0223	0.0003	600	39	456	14	442	3
27	60.6	351	0.17	0.0561	0.0008	0.5225	0.0167	0.0677	0.0005	0.0212	0.0003	457	27	427	11	422	3
28	155	620	0.25	0.0560	0.0006	0.5646	0.0157	0.0731	0.0004	0.0243	0.0003	454	22	455	10	455	2
29	183	354	0.52	0.0545	0.0008	0.4797	0.0133	0.0638	0.0005	0.0200	0.0002	391	33	398	9	399	3
30	93.7	325	0.29	0.0573	0.0008	0.5181	0.0138	0.0654	0.0005	0.0215	0.0003	506	64	424	9	408	3
WY009, 上青岩体黑云母花岗岩, 泰宁县上青乡崇化村 (E117° 10' 50", N27° 01' 07")																	
01	196	340	0.58	0.0549	0.0008	0.5282	0.0141	0.0694	0.0006	0.0219	0.0003	409	25	433	3	431	9
02	376	221	1.70	0.0586	0.0010	0.8184	0.0225	0.1007	0.0007	0.0259	0.0002	550	35	619	4	607	13
03	181	400	0.45	0.0562	0.0008	0.5921	0.0149	0.0761	0.0005	0.0211	0.0002	461	34	473	3	472	9
04	178	49.4	3.60	0.0580	0.0019	0.7093	0.0276	0.0895	0.0012	0.0264	0.0002	528	72	553	7	544	16
05	67.4	1243	0.05	0.0541	0.0005	0.5288	0.0140	0.0706	0.0006	0.0214	0.0003	372	20	440	3	431	9
06	182	419	0.43	0.0629	0.0007	1.2027	0.0300	0.1383	0.0012	0.0412	0.0004	706	24	835	7	802	14
07	201	470	0.43	0.0539	0.0008	0.5303	0.0137	0.0711	0.0006	0.0225	0.0002	365	33	443	4	432	9
08	189	278	0.68	0.0561	0.0011	0.5413	0.0151	0.0701	0.0008	0.0212	0.0002	454	41	437	5	439	10
09	147	258	0.57	0.0551	0.0010	0.5773	0.0156	0.0762	0.0010	0.0222	0.0003	417	41	473	6	463	10
10	156	292	0.53	0.0568	0.0013	0.5567	0.0180	0.0714	0.0011	0.0221	0.0003	483	84	444	7	449	12
11	32.9	673	0.05	0.1098	0.0015	1.8678	0.0730	0.1208	0.0025	0.0821	0.0016	1796	24	735	14	1070	26
12	149	200	0.75	0.0554	0.0013	0.5556	0.0210	0.0728	0.0013	0.0227	0.0003	428	45	453	8	449	14
13	216	603	0.36	0.0552	0.0008	0.5109	0.0169	0.0670	0.0010	0.0218	0.0003	420	33	418	6	419	11
14	91.8	180	0.51	0.0589	0.0016	0.5634	0.0227	0.0698	0.0009	0.0225	0.0006	561	59	435	6	454	15
15	274	298	0.92	0.0556	0.0011	0.5201	0.0215	0.0678	0.0008	0.0210	0.0002	435	46	423	5	425	14
16	295	965	0.31	0.0844	0.0010	2.5232	0.1220	0.2158	0.0058	0.0682	0.0023	1302	22	1260	31	1279	35
17	105	1772	0.06	0.0548	0.0007	0.5460	0.0227	0.0720	0.0016	0.0325	0.0021	406	30	448	10	442	15
18	394	315	1.25	0.1622	0.0015	10.6249	0.3522	0.4751	0.0080	0.1216	0.0010	2479	15	2506	35	2491	31
19	105	316	0.33	0.0554	0.0017	0.5916	0.0274	0.0775	0.0019	0.0218	0.0004	428	67	481	11	472	17
20	169	261	0.65	0.0599	0.0037	0.5838	0.0346	0.0717	0.0015	0.0212	0.0003	598	131	446	9	467	22
21	21.0	815	0.03	0.0550	0.0008	0.5363	0.0171	0.0713	0.0016	0.0207	0.0006	413	33	444	10	436	11
22	87.4	411	0.21	0.0579	0.0009	0.7796	0.0276	0.0975	0.0023	0.0378	0.0012	524	33	600	14	585	16
23	78.9	1055	0.07	0.0554	0.0008	0.5345	0.0168	0.0701	0.0013	0.0194	0.0003	428	33	437	8	435	11
24	67.6	289	0.23	0.0571	0.0012	0.5336	0.0177	0.0679	0.0007	0.0202	0.0003	494	44	424	4	434	12
25	190	316	0.60	0.0538	0.0010	0.5295	0.0185	0.0714	0.0008	0.0207	0.0002	361	73	444	5	432	12
26	138	505	0.27	0.0553	0.0008	0.5515	0.0196	0.0723	0.0006	0.0179	0.0003	433	33	450	4	446	13
27	117	117	1.00	0.0621	0.0019	0.6425	0.0280	0.0747	0.0009	0.0222	0.0005	676	67	464	5	504	17
28	153	273	0.56	0.0535	0.0010	0.5255	0.0173	0.0711	0.0007	0.0205	0.0002	350	44	443	4	429	12
29	508	1047	0.49	0.0544	0.0006	0.5271	0.0147	0.0700	0.0006	0.0204	0.0002	387	26	436	4	430	10
30	45.9	558	0.08	0.0670	0.0007	1.2926	0.0400	0.1391	0.0022	0.0481	0.0007	839	22	839	12	842	18
2012SC41, 沙县岩体片麻状花岗岩, 沙县富口镇白溪村 (E117° 40' 32", N26° 28' 48")																	
1	62.48	219	0.29	0.0564	0.0006	0.5501	0.0060	0.0708	0.0007	0.0314	0.0001	467	23	441	4	445	5
2	166.03	1013	0.16	0.0558	0.0005	0.5413	0.0052	0.0704	0.0007	0.0245	0.0002	445	20	438	4	439	4

续表2

点号	同位素含量/ 10^{-6}		Th/U	同位素比值								表面年龄/Ma					
	^{232}Th	^{238}U		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ
3	727.09	855	0.85	0.1730	0.0016	11.7099	0.1188	0.4910	0.0049	0.1463	0.0005	2587	15	2575	26	2581	26
4	55	667	0.08	0.3019	0.0048	23.4368	0.3855	0.5631	0.0052	0.1717	0.0001	3480	25	2880	27	3245	53
5	210	691	0.30	0.0558	0.0013	0.5436	0.0130	0.0707	0.0007	0.0242	0.0005	444	52	440	4	441	11
6	121	552	0.22	0.0560	0.0007	0.5457	0.0074	0.0707	0.0007	0.0248	0.0001	453	29	440	4	442	6
7	295	978	0.30	0.0555	0.0010	0.5399	0.0100	0.0706	0.0006	0.0240	0.0002	432	40	439	4	438	8
9	211	871	0.24	0.0571	0.0006	0.6272	0.0075	0.0797	0.0007	0.0267	0.0001	494	25	494	5	494	6
10	257	1128	0.23	0.0553	0.0006	0.5416	0.0064	0.0711	0.0007	0.0262	0.0001	424	25	443	5	440	5
11	325	962	0.34	0.0604	0.0007	0.5827	0.0075	0.0700	0.0007	0.0190	0.0001	617	26	436	4	466	6
12	5662	789	7.18	0.0558	0.0008	0.5452	0.0085	0.0708	0.0006	0.0273	0.0003	446	33	441	4	442	7
13	116	681	0.17	0.0558	0.0026	0.5437	0.0257	0.0707	0.0008	0.0271	0.0003	444	102	440	5	441	21
14	156	235	0.66	0.0560	0.0008	0.5448	0.0083	0.0706	0.0006	0.0260	0.0002	451	33	440	4	442	7
15	230	334	0.69	0.0653	0.0009	1.1062	0.0149	0.1230	0.0012	0.0414	0.0002	782	28	748	7	756	10
16	146	637	0.23	0.0563	0.0007	0.5477	0.0072	0.0706	0.0007	0.0256	0.0018	464	28	440	4	444	6
17	157	177	0.89	0.0569	0.0009	0.5513	0.0091	0.0703	0.0006	0.0224	0.0003	486	35	438	4	446	7
18	127	605	0.21	0.0556	0.0017	0.5414	0.0171	0.0706	0.0007	0.0230	0.0004	437	68	440	4	439	14
19	23	374	0.06	0.0584	0.0006	0.5947	0.0070	0.0739	0.0007	0.0237	0.0001	544	24	460	4	474	6
20	233	994	0.23	0.0558	0.0005	0.5433	0.0064	0.0706	0.0009	0.0224	0.0015	445	21	440	6	441	5
21	218	2517	0.09	0.1055	0.0018	2.2386	0.0407	0.1540	0.0014	0.0823	0.0002	1722	32	923	9	1193	22
22	253	225	1.12	0.0627	0.0009	1.0047	0.0158	0.1163	0.0012	0.0401	0.0005	697	31	709	8	706	11
23	53	237	0.22	0.0649	0.0012	1.1474	0.0211	0.1283	0.0012	0.0501	0.0001	771	38	778	7	776	14
24	339	494	0.69	0.0560	0.0007	0.5428	0.0074	0.0703	0.0007	0.0245	0.0026	451	29	438	4	440	6
25	139	516	0.27	0.0552	0.0011	0.5393	0.0107	0.0709	0.0006	0.0259	0.0003	419	43	442	4	438	9
26	87	320	0.27	0.0553	0.0010	0.5359	0.0102	0.0703	0.0007	0.0217	0.0002	423	40	438	5	436	8
27	165	394	0.42	0.0556	0.0014	0.5383	0.0141	0.0702	0.0007	0.0257	0.0002	437	57	437	4	437	11
28	240	329	0.73	0.0569	0.0019	0.5545	0.0200	0.0707	0.0007	0.0229	0.0002	487	74	440	5	448	16
29	382	267	1.43	0.0564	0.0008	0.5475	0.0084	0.0704	0.0006	0.0220	0.0002	469	33	438	4	443	7
30	152	492	0.31	0.0557	0.0008	0.5420	0.0083	0.0706	0.0006	0.0207	0.0001	440	33	440	4	440	7
2012SC38-1, 上杭岩体片麻状花岗岩, 上杭县稔田镇 (E116° 38' 13", N24° 51' 43")																	
01	97	383	0.25	0.0573	0.0011	0.5439	0.0108	0.0689	0.0006	0.0287	0.0006	502	43	429	3	441	9
02	62	273	0.23	0.0537	0.0011	0.5007	0.0109	0.0676	0.0009	0.0300	0.0006	358	46	422	5	412	9
03	214	576	0.37	0.0574	0.0009	0.5594	0.0088	0.0707	0.0007	0.0309	0.0002	507	33	440	4	451	7
04	103	191	0.54	0.0571	0.0017	0.5610	0.0167	0.0712	0.0006	0.0308	0.0004	497	64	443	4	452	13
05	102	272	0.37	0.0565	0.0011	0.5535	0.0114	0.0710	0.0007	0.0288	0.0003	473	45	442	4	447	9
06	53	254	0.21	0.0573	0.0014	0.5608	0.0141	0.0710	0.0007	0.0310	0.0007	504	54	442	4	452	11
07	223	300	0.74	0.0580	0.0012	0.5641	0.0119	0.0705	0.0006	0.0303	0.0002	532	45	439	4	454	10
08	62	136	0.45	0.0610	0.0029	0.5929	0.0282	0.0705	0.0007	0.0274	0.0008	640	101	439	4	473	22
09	60	168	0.36	0.0558	0.0017	0.5349	0.0172	0.0696	0.0006	0.0291	0.0006	443	68	434	4	435	14
10	137	817	0.17	0.0580	0.0007	0.5695	0.0075	0.0712	0.0007	0.0285	0.0003	531	28	443	4	458	6
11	52	218	0.24	0.0590	0.0017	0.5758	0.0173	0.0707	0.0006	0.0295	0.0007	569	63	441	4	462	14
12	23	76	0.30	0.0586	0.0047	0.6094	0.0490	0.0755	0.0008	0.0280	0.0020	551	174	469	5	483	39
13	129	166	0.78	0.0560	0.0015	0.5518	0.0154	0.0714	0.0007	0.0270	0.0003	454	61	445	4	446	12
14	137	218	0.63	0.0568	0.0015	0.5532	0.0156	0.0706	0.0006	0.0279	0.0004	483	60	440	4	447	13
15	48	179	0.27	0.0611	0.0020	0.5960	0.0207	0.0707	0.0010	0.0296	0.0009	643	70	441	6	475	16
16	92	218	0.42	0.0559	0.0016	0.5308	0.0150	0.0688	0.0006	0.0294	0.0006	450	62	429	4	432	12
17	49	131	0.37	0.0594	0.0027	0.5848	0.0271	0.0714	0.0007	0.0285	0.0009	581	98	445	4	468	22
18	116	544	0.21	0.0575	0.0008	0.6408	0.0090	0.0809	0.0008	0.0303	0.0003	509	30	501	5	503	7
19	29	316	0.09	0.0541	0.0014	0.4129	0.0109	0.0554	0.0005	0.0344	0.0019	374	57	348	3	351	9
20	55	143	0.39	0.0567	0.0023	0.5513	0.0230	0.0705	0.0007	0.0298	0.0008	480	89	439	4	446	19
21	36	193	0.19	0.0601	0.0021	0.5849	0.0209	0.0706	0.0007	0.0264	0.0013	606	76	440	4	468	17
22	31	145	0.21	0.0588	0.0029	0.5765	0.0289	0.0711	0.0006	0.0336	0.0019	559	107	443	4	462	23
23	37	166	0.22	0.0576	0.0017	0.6099	0.0186	0.0768	0.0007	0.0311	0.0014	515	66	477	5	484	15
24	106	224	0.47	0.0562	0.0019	0.5424	0.0187	0.0700	0.0006	0.0258	0.0007	459	74	436	4	440	15
25	45	96	0.47	0.0749	0.0033	0.7798	0.0357	0.0755	0.0007	0.0282	0.0012	1067	88	469	4	585	27
26	78	230	0.34	0.0612	0.0015	0.6028	0.0152	0.0715	0.0007	0.0251	0.0006	645	53	445	4	479	12
27	18	612	0.03	0.0542	0.0011	0.3326	0.0067	0.0445	0.0004	0.0358	0.0024	380	44	281	2	292	6
28	55	110	0.50	0.0693	0.0024	0.7607	0.0267	0.0796	0.0007	0.0268	0.0008	908	70	494	5	574	20
29	92	156	0.59	0.0584	0.0023	0.5714	0.0226	0.0710	0.0007	0.0196	0.0005	544	85	442	4	459	18
30	75	235	0.32	0.0560	0.0012	0.5439	0.0121	0.0705	0.0007	0.0193	0.0005	452	48	439	4	441	10
2012SC19-3, 五夫岩体黑云母花岗岩, 武夷山市五夫镇 (E118° 14' 02", N27° 37' 47")																	
01	264	419	0.63	0.0570	0.0008	0.5614	0.0085	0.0714	0.0008	0.0266	0.0001	491	32	445	5	452	7
02	782	942	0.83	0.0676	0.0007	1.3256	0.0150	0.1423	0.0018	0.0514	0.0002	856	21	857	11	857	10
03	210	582	0.36	0.0559	0.0007	0.6190	0.0079	0.0804	0.0011	0.0261	0.0002	447	26	498	7	489	6
04	102	535	0.19	0.0680	0.0007	1.3361	0.0151	0.1425	0.0013	0.0488	0.0004	869	22	859	8	862	10
05	267	607	0.44	0.0577	0.0007	0.5573	0.0074	0.0700	0.0007	0.0243	0.0001	520	27	436	4	450	6
06	1854	1244	1.49	0.0592	0.0008	0.5545	0.0073	0.0679	0.0006	0.0220	0.0001	575	29	424	4	448	6
07	517	1101	0.47	0.0579	0.0006	0.5684	0.0066	0.0712	0.0007	0.0231	0.0002	527	24	443	4	457	5
08	494	932	0.53	0.0581	0.0007	0.5690	0.0068	0.0711	0.0007	0.0317	0.0002	533	25	442	4	457	5
09	37038	952	3.89	0.0615	0.0007	0.5673	0.0067	0.0669	0.0007	0.0057	0.0001	655	24	418	4	456	5

续表2

点号	同位素含量/ 10^{-6}		Th/U	同位素比值								表面年龄/Ma					
	^{232}Th	^{238}U		$^{207}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ
10	348	1288	0.27	0.0711	0.0007	1.5218	0.0179	0.1552	0.0024	0.0503	0.0005	961	21	930	15	939	11
11	448	589	0.76	0.1116	0.0014	0.8257	0.0111	0.0537	0.0006	0.0194	0.0002	1825	22	337	3	611	8
12	141	565	0.25	0.0577	0.0007	0.5596	0.0074	0.0703	0.0007	0.0285	0.0003	520	27	438	4	451	6
13	107	346	0.31	0.0602	0.0010	0.5901	0.0109	0.0711	0.0014	0.0329	0.0004	612	35	443	9	471	9
14	387	302	1.28	0.0539	0.0011	0.5197	0.0111	0.0699	0.0007	0.0312	0.0001	367	47	436	4	425	9
15	11365	1475	0.77	0.0548	0.0006	0.4175	0.0050	0.0553	0.0007	0.0139	0.0001	403	25	347	5	354	4
16	925	873	1.06	0.0563	0.0006	0.5472	0.0065	0.0705	0.0008	0.0322	0.0002	463	25	439	5	443	5
17	688	1434	0.48	0.0559	0.0006	0.5195	0.0060	0.0674	0.0007	0.0190	0.0003	447	24	421	4	425	5
18	1000	1031	0.97	0.0587	0.0006	0.5686	0.0066	0.0702	0.0007	0.0271	0.0001	558	24	437	4	457	5
19	1078	898	1.20	0.0576	0.0006	0.5566	0.0066	0.0700	0.0008	0.0307	0.0003	516	25	436	5	449	5
20	784	808	0.97	0.0575	0.0007	0.5468	0.0069	0.0690	0.0006	0.0226	0.0002	511	26	430	4	443	6
21	111	1384	0.08	0.0588	0.0006	0.5715	0.0066	0.0704	0.0008	0.0339	0.0004	561	23	439	5	459	5
22	274	1014	0.27	0.0681	0.0007	1.3643	0.0150	0.1453	0.0014	0.0595	0.0004	871	21	875	8	874	10
23	1299	1214	1.07	0.0563	0.0006	0.5518	0.0062	0.0711	0.0006	0.0248	0.0000	462	24	443	4	446	5
24	426	410	1.04	0.0580	0.0009	0.5548	0.0093	0.0694	0.0008	0.0292	0.0004	531	33	432	5	448	7
25	1690	1509	1.12	0.0730	0.0011	0.5468	0.0099	0.0543	0.0008	0.0094	0.0002	1014	31	341	5	443	8
26	822	1285	0.64	0.0667	0.0007	0.5708	0.0072	0.0621	0.0010	0.0203	0.0003	827	22	388	7	459	6
27	327	860	0.38	0.0570	0.0007	0.5569	0.0067	0.0709	0.0006	0.0230	0.0003	491	25	441	4	449	5
28	1304	1175	1.11	0.0520	0.0006	0.3622	0.0049	0.0505	0.0008	0.0072	0.0001	284	27	318	5	314	4
29	783	967	0.81	0.0753	0.0008	0.6625	0.0077	0.0638	0.0005	0.0169	0.0001	1075	22	399	3	516	6
30	349	712	0.49	0.0587	0.0007	0.5750	0.0071	0.0711	0.0006	0.0234	0.0003	554	26	443	4	461	6
31	1201	1072	1.12	0.0560	0.0006	0.5453	0.0064	0.0706	0.0006	0.0285	0.0001	454	24	440	4	442	5
32	293	977	0.30	0.0564	0.0006	0.5545	0.0065	0.0713	0.0006	0.0286	0.0001	468	24	444	3	448	5
33	1162	1128	1.03	0.0557	0.0006	0.5010	0.0062	0.0652	0.0009	0.0184	0.0003	440	25	407	6	412	5
35	88	400	0.22	0.0800	0.0009	1.6505	0.0190	0.1497	0.0011	0.0871	0.0007	1196	22	899	7	990	11
36	355	1269	0.28	0.0562	0.0006	0.5276	0.0062	0.0681	0.0006	0.0333	0.0003	459	24	425	4	430	5
37	403	858	0.47	0.0564	0.0007	0.5218	0.0064	0.0671	0.0007	0.0298	0.0002	467	26	419	4	426	5
38	415	2443	0.17	0.0554	0.0006	0.5214	0.0057	0.0682	0.0007	0.0110	0.0001	430	23	425	4	426	5
39	303	2529	0.12	0.0555	0.0006	0.5245	0.0058	0.0686	0.0006	0.0244	0.0002	432	23	427	3	428	5
40	534	1112	0.48	0.0571	0.0006	0.5551	0.0064	0.0705	0.0007	0.0362	0.0001	495	24	439	4	448	5
41	196	343	0.57	0.0569	0.0010	0.5497	0.0102	0.0701	0.0006	0.0278	0.0002	487	40	437	4	445	8
42	281	520	0.54	0.1206	0.0014	2.4803	0.0398	0.1492	0.0035	0.0811	0.0017	1965	20	896	21	1266	20
43	1275	1482	0.86	0.0560	0.0006	0.5459	0.0061	0.0707	0.0005	0.0303	0.0001	454	23	440	3	442	5
44	1186	2010	0.59	0.0573	0.0006	0.5557	0.0061	0.0703	0.0005	0.0284	0.0002	504	23	438	3	449	5
45	898	1870	0.48	0.0551	0.0006	0.5356	0.0059	0.0704	0.0009	0.0213	0.0002	418	23	439	5	436	5
46	237	790	0.30	0.0546	0.0007	0.5163	0.0066	0.0686	0.0007	0.0314	0.0002	395	27	428	4	423	5
47	107	1786	0.06	0.0576	0.0006	0.5536	0.0062	0.0697	0.0007	0.0341	0.0004	515	23	434	4	447	5
48	1389	902	1.54	0.0558	0.0006	0.5414	0.0065	0.0704	0.0006	0.0301	0.0001	443	25	439	4	439	5
49	414	1480	0.28	0.0581	0.0006	0.5633	0.0062	0.0703	0.0006	0.0273	0.0001	534	23	438	4	454	5
50	571	1328	0.43	0.0571	0.0006	0.5447	0.0058	0.0692	0.0005	0.0233	0.0003	494	22	432	3	442	5
51	4055	2633	1.54	0.0826	0.0009	0.5462	0.0061	0.0479	0.0004	0.0102	0.0002	1260	20	302	3	442	5
52	179	1988	0.09	0.0543	0.0006	0.5134	0.0059	0.0686	0.0004	0.0275	0.0004	384	24	428	2	421	5
53	545	505	1.08	0.0565	0.0008	0.5240	0.0077	0.0672	0.0005	0.0277	0.0001	474	31	419	3	428	6
54	372	1691	0.22	0.0559	0.0006	0.4752	0.0056	0.0616	0.0007	0.0115	0.0001	449	23	386	5	395	5
55	1443	1826	0.79	0.0583	0.0006	0.5290	0.0058	0.0658	0.0005	0.0132	0.0001	542	23	411	3	431	5
56	2209	1463	1.51	0.0560	0.0006	0.5351	0.0060	0.0693	0.0005	0.0276	0.0002	451	23	432	3	435	5
57	1426	1198	1.19	0.0581	0.0006	0.5637	0.0065	0.0703	0.0006	0.0260	0.0001	535	24	438	4	454	5
59	502	1930	0.26	0.0649	0.0007	1.1075	0.0119	0.1237	0.0009	0.0410	0.0002	773	21	752	6	757	8
60	409	1238	0.33	0.0718	0.0007	1.5103	0.0166	0.1526	0.0014	0.0499	0.0002	980	21	916	8	935	10
61	794	836	0.95	0.0579	0.0007	0.5594	0.0068	0.0701	0.0006	0.0224	0.0001	525	25	437	4	451	6
62	55	498	0.11	0.0664	0.0007	1.2493	0.0153	0.1365	0.0017	0.0480	0.0010	819	23	825	11	823	10
63	666	1902	0.35	0.0580	0.0006	0.5596	0.0062	0.0700	0.0006	0.0238	0.0003	528	23	436	4	451	5
64	1717	1311	1.31	0.0571	0.0007	0.5591	0.0083	0.0710	0.0010	0.0214	0.0002	495	26	442	7	451	7
65	245	906	0.27	0.0705	0.0007	1.4720	0.0160	0.1514	0.0013	0.0431	0.0002	944	21	909	8	919	10
66	313	1360	0.23	0.0572	0.0006	0.5580	0.0063	0.0708	0.0006	0.0228	0.0001	497	23	441	4	450	5
67	616	1163	0.53	0.0565	0.0006	0.4802	0.0060	0.0616	0.0009	0.0172	0.0002	472	25	386	6	398	5
68	525	357	1.47	0.0569	0.0009	0.5488	0.0090	0.0699	0.0007	0.0255	0.0001	489	34	436	4	444	7
69	691	727	0.95	0.0545	0.0007	0.5120	0.0072	0.0681	0.0009	0.0259	0.0002	392	30	425	6	420	6
70	1527	1512	1.01	0.0581	0.0006	0.5458	0.0062	0.0681	0.0007	0.0285	0.0001	534	23	425	4	442	5
71	329	1097	0.30	0.0690	0.0007	1.3495	0.0147	0.1418	0.0012	0.0567	0.0002	899	21	855	7	867	9
72	4613	3138	1.47	0.0536	0.0005	0.3985	0.0043	0.0539	0.0004	0.0244	0.0001	354	23	339	3	341	4
73	299	2720	0.11	0.0557	0.0006	0.4207	0.0047	0.0548	0.0005	0.0184	0.0002	440	23	344	3	357	4
74	3955	2115	1.87	0.0572	0.0006	0.5565	0.0063	0.0706	0.0007	0.0352	0.0003	498	23	440	4	449	5
75	589	1842	0.32	0.0551	0.0006	0.5210	0.0057	0.0686	0.0007	0.0267	0.0002	414	23	428	5	426	5
76	632	2107	0.30	0.0550	0.0006	0.5150	0.0056	0.0679	0.0006	0.0294	0.0001	411	23	424	4	422	5
77	472	2050	0.23	0.0671	0.0007	1.2779	0.0140	0.1381	0.0015	0.0565	0.0002	841	21	834	9	836	9
78	112	2245	0.05	0.0544	0.0006	0.5207	0.0057	0.0694	0.0007	0.0283	0.0003	388	23	433	4	426	5
79	2070	2202	0.94	0.0547	0.0006	0.5231	0.0058	0.0693	0.0008	0.0271	0.0001	402	23	432	5	427	5
80	1481	2553	0.58	0.0614	0.0006	0.8675	0.0093	0.1025	0.0008	0.0233	0.0002	653	22	629	5	634	7

续表2

点号	同位素含量/ 10^{-6}		Th/U	同位素比值								表面年龄/Ma					
	^{232}Th	^{238}U		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ
WY035, 桂东岩体黑云母花岗岩, 汝城县北部 (E113° 49' 48", N25° 46' 20")																	
01	306	1398	0.22	0.0556	0.0016	0.5421	0.0160	0.0707	0.0006	0.0245	0.0001	438	65	440	4	440	13
02	389	1183	0.33	0.0556	0.0016	0.5388	0.0160	0.0703	0.0006	0.0238	0.0001	436	65	438	4	438	13
03	170	755	0.23	0.0554	0.0016	0.5404	0.0162	0.0707	0.0006	0.0263	0.0003	429	66	441	4	439	13
04	295	1801	0.16	0.0565	0.0016	0.5432	0.0159	0.0697	0.0006	0.0253	0.0001	473	63	434	4	441	13
05	313	829	0.38	0.0565	0.0018	0.5482	0.0175	0.0703	0.0006	0.0250	0.0003	473	69	438	4	444	14
06	726	1478	0.49	0.0562	0.0017	0.5428	0.0163	0.0701	0.0006	0.0267	0.0002	460	66	436	4	440	13
07	277	674	0.41	0.0574	0.0019	0.5586	0.0195	0.0705	0.0006	0.0322	0.0004	508	74	439	4	451	16
08	126	430	0.29	0.0563	0.0018	0.5442	0.0174	0.0701	0.0006	0.0297	0.0003	463	69	437	4	441	14
09	312	997	0.31	0.0553	0.0016	0.5394	0.0159	0.0707	0.0006	0.0271	0.0001	425	65	440	4	438	13
10	196	1759	0.11	0.0555	0.0016	0.5353	0.0159	0.0700	0.0006	0.0357	0.0006	431	66	436	4	435	13
11	240	1220	0.20	0.0553	0.0016	0.5392	0.0162	0.0707	0.0006	0.0307	0.0004	424	67	441	4	438	13
12	162	1252	0.13	0.0559	0.0017	0.5426	0.0165	0.0704	0.0006	0.0293	0.0009	450	66	438	4	440	13
13	476	1384	0.34	0.0563	0.0016	0.5451	0.0162	0.0702	0.0006	0.0250	0.0002	465	64	437	4	442	13
14	261	642	0.41	0.0556	0.0017	0.5421	0.0170	0.0707	0.0006	0.0249	0.0002	436	67	441	4	440	14
15	289	894	0.32	0.0561	0.0016	0.5422	0.0162	0.0701	0.0006	0.0199	0.0001	455	65	437	4	440	13
16	428	1053	0.41	0.0561	0.0016	0.5438	0.0160	0.0704	0.0006	0.0190	0.0001	455	64	438	4	441	13
17	560	1289	0.43	0.0565	0.0016	0.5446	0.0160	0.0699	0.0006	0.0172	0.0000	473	64	435	4	441	13
18	383	612	0.63	0.0560	0.0017	0.5401	0.0168	0.0700	0.0007	0.0176	0.0001	450	66	436	4	438	14
19	44	701	0.06	0.0557	0.0017	0.5434	0.0164	0.0707	0.0006	0.0182	0.0002	442	66	440	4	441	13
20	593	1592	0.37	0.0560	0.0016	0.5407	0.0159	0.0701	0.0006	0.0171	0.0001	451	65	436	4	439	13
21	115	434	0.27	0.0558	0.0019	0.5394	0.0188	0.0701	0.0006	0.0215	0.0003	446	76	436	4	438	15
22	106	318	0.33	0.0557	0.0020	0.5437	0.0202	0.0708	0.0006	0.0247	0.0003	440	81	441	4	441	16
23	87	355	0.25	0.0587	0.0018	0.5685	0.0183	0.0702	0.0006	0.0767	0.0013	556	67	438	4	457	15
24	98	581	0.17	0.0573	0.0017	0.5543	0.0167	0.0701	0.0006	0.0368	0.0004	504	65	437	4	448	14
25	133	497	0.27	0.0601	0.0018	0.5834	0.0183	0.0705	0.0006	0.0191	0.0003	606	66	439	4	467	15
26	31	186	0.16	0.0557	0.0053	0.5382	0.0520	0.0701	0.0007	0.0240	0.0008	441	214	437	5	437	42
27	54	347	0.15	0.0576	0.0026	0.5586	0.0273	0.0703	0.0011	0.0314	0.0024	515	97	438	7	451	22
28	70	494	0.14	0.0563	0.0017	0.5454	0.0172	0.0702	0.0007	0.0214	0.0010	466	68	437	4	442	14
29	13	195	0.07	0.0570	0.0054	0.5556	0.0530	0.0707	0.0013	0.0450	0.0041	493	207	440	8	449	43
WY031, 上犹岩体黑云母花岗岩, 上犹县城 (E114° 31' 11", N25° 48' 52")																	
01	337	2986	0.11	0.0554	0.0012	0.5280	0.0093	0.0692	0.0011	0.0478	0.0035	427	47	431	7	430	8
02	372	544	0.68	0.0555	0.0009	0.5283	0.0080	0.0691	0.0006	0.0258	0.0002	431	34	431	4	431	6
03	226	1068	0.21	0.0558	0.0013	0.5323	0.0121	0.0693	0.0007	0.0378	0.0006	443	52	432	4	433	10
04	2039	1662	1.23	0.0554	0.0005	0.5266	0.0052	0.0690	0.0006	0.0222	0.0001	427	21	430	4	430	4
05	258	1227	0.21	0.0554	0.0006	0.5280	0.0060	0.0691	0.0007	0.0284	0.0005	428	26	431	4	430	5
06	591	1165	0.51	0.0555	0.0005	0.5287	0.0049	0.0691	0.0006	0.0084	0.0001	434	20	430	4	431	4
07	1937	2697	0.72	0.0556	0.0007	0.5292	0.0053	0.0690	0.0009	0.0195	0.0001	437	26	430	5	431	4
08	749	2426	0.31	0.0554	0.0005	0.5280	0.0043	0.0691	0.0007	0.0211	0.0001	430	18	431	5	430	4
09	609	2659	0.23	0.0554	0.0004	0.5278	0.0046	0.0691	0.0009	0.0231	0.0001	429	18	431	6	430	4
10	370	1843	0.20	0.0555	0.0005	0.5286	0.0050	0.0691	0.0006	0.0213	0.0003	433	22	431	4	431	4
11	426	1448	0.29	0.0555	0.0005	0.5284	0.0047	0.0691	0.0006	0.0195	0.0001	432	19	431	4	431	4
12	282	1140	0.25	0.0552	0.0006	0.5251	0.0062	0.0690	0.0006	0.0159	0.0002	420	25	430	4	429	5
13	466	2455	0.19	0.0555	0.0005	0.5288	0.0050	0.0691	0.0006	0.0237	0.0003	431	21	431	4	431	4
14	248	296	0.84	0.0635	0.0011	0.7856	0.0128	0.0897	0.0008	0.0254	0.0002	726	36	554	5	589	10
15	322	318	1.01	0.0795	0.0008	2.1201	0.0227	0.1934	0.0017	0.0460	0.0001	1185	20	1140	10	1155	12
16	450	2651	0.17	0.0743	0.0009	1.3076	0.0211	0.1277	0.0013	0.0248	0.0010	1049	25	775	8	849	14
17	374	1301	0.29	0.0552	0.0005	0.5259	0.0046	0.0690	0.0006	0.0203	0.0002	422	21	430	4	429	4
18	2779	2353	1.18	0.0557	0.0008	0.5248	0.0087	0.0683	0.0006	0.0149	0.0000	441	34	426	4	428	7
19	60	950	0.06	0.0553	0.0005	0.5266	0.0048	0.0690	0.0006	0.0185	0.0001	426	20	430	4	430	4
20	526	1456	0.36	0.0556	0.0005	0.5291	0.0045	0.0690	0.0006	0.0183	0.0002	436	18	430	4	431	4
21	559	1834	0.30	0.0554	0.0006	0.5275	0.0055	0.0691	0.0007	0.0193	0.0002	429	22	430	4	430	4
22	268	1493	0.18	0.0555	0.0005	0.5286	0.0049	0.0691	0.0006	0.0187	0.0002	433	22	431	4	431	4
23	169	475	0.36	0.0550	0.0011	0.5243	0.0100	0.0691	0.0007	0.0209	0.0002	414	43	431	4	428	8
24	225	1009	0.22	0.0552	0.0005	0.5250	0.0048	0.0690	0.0006	0.0192	0.0001	421	20	430	4	428	4
25	680	3284	0.21	0.0554	0.0006	0.5252	0.0192	0.0688	0.0009	0.0190	0.0002	427	25	429	6	429	16
26	216	760	0.28	0.0570	0.0005	0.5513	0.0200	0.0701	0.0007	0.0151	0.0001	492	20	437	4	446	16
27	193	388	0.50	0.0552	0.0019	0.5270	0.0163	0.0692	0.0006	0.0142	0.0002	420	77	432	4	430	13
28	86	160	0.54	0.0571	0.0018	0.5521	0.0134	0.0701	0.0013	0.0113	0.0003	496	71	437	8	446	11
29	100	317	0.32	0.0564	0.0009	0.5317	0.0127	0.0684	0.0006	0.0205	0.0002	468	36	426	4	433	10
WY14-2, 黎川岩体块状花岗岩中的片麻状花岗岩包体, 黎川县城 (116°54'04", 27°17'22")																	
01	82	2465	0.03	0.0585	0.0006	0.5700	0.0063	0.0706	0.0007	0.0362	0.0012	550	23	440	4	458	5
02	144	664	0.22	0.0589	0.0007	0.5671	0.0090	0.0699	0.0009	0.0509	0.0016	563	27	435	5	456	7
03	179	1849	0.10	0.0580	0.0006	0.5620	0.0064	0.0703	0.0007	0.0266	0.0010	530	24	438	4	453	5
04	39	486	0.08	0.0555	0.0008	0.5310	0.0081	0.0694	0.0007	0.0417	0.0014	431	33	433	4	432	7
05	81	111	0.73	0.1095	0.0014	3.3573	0.0503	0.2224	0.0034	0.1192	0.0007	1791	23	1295	20	1494	22
06	48	1245	0.04	0.0563	0.0006	0.5471	0.0065	0.0705	0.0007	0.0593	0.0018	465	25	439	4	443	5

续表2

点号	同位素含量/ 10^{-6}		Th/U	同位素比值						表面年龄/Ma							
	^{232}Th	^{238}U		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ
07	31	298	0.11	0.0560	0.0015	0.5471	0.0149	0.0709	0.0007	0.0391	0.0022	451	60	442	4	443	12
08	65	106	0.61	0.0618	0.0022	0.8961	0.0322	0.1052	0.0008	0.0568	0.0008	667	75	645	5	650	23
09	339	1864	0.18	0.0572	0.0006	0.5516	0.0062	0.0700	0.0007	0.0102	0.0001	498	23	436	4	446	5
10	40	893	0.04	0.0555	0.0006	0.5326	0.0064	0.0696	0.0007	0.0559	0.0013	433	26	434	4	434	5
11	20	729	0.03	0.0574	0.0007	0.5625	0.0074	0.0711	0.0007	0.0715	0.0027	507	28	443	4	453	6
12	54	690	0.08	0.0569	0.0007	0.5433	0.0071	0.0693	0.0007	0.0313	0.0008	486	27	432	4	441	6
13	52	2153	0.02	0.0569	0.0006	0.5555	0.0061	0.0708	0.0007	0.0361	0.0012	489	23	441	4	449	5
14	70	1016	0.07	0.0559	0.0006	0.5379	0.0063	0.0697	0.0007	0.0293	0.0007	450	25	435	4	437	5
15	81	1415	0.06	0.0573	0.0006	0.5539	0.0063	0.0701	0.0007	0.0309	0.0008	504	24	437	4	448	5
16	94	1439	0.07	0.0574	0.0006	0.5580	0.0065	0.0706	0.0007	0.0306	0.0005	506	24	439	4	450	5
17	43	918	0.05	0.0558	0.0006	0.5346	0.0063	0.0695	0.0006	0.0272	0.0010	443	25	433	4	435	5
18	28	1122	0.03	0.0568	0.0006	0.5435	0.0063	0.0694	0.0006	0.0348	0.0024	484	24	432	4	441	5
19	39	1395	0.03	0.0558	0.0006	0.5424	0.0062	0.0704	0.0006	0.0263	0.0011	446	24	439	4	440	5
20	98	2133	0.05	0.0582	0.0006	0.5636	0.0063	0.0703	0.0007	0.1303	0.0024	537	23	438	4	454	5
21	77	1362	0.06	0.0573	0.0006	0.5410	0.0063	0.0685	0.0007	0.0315	0.0009	503	24	427	4	439	5
22	36	902	0.04	0.0561	0.0007	0.5461	0.0066	0.0706	0.0007	0.0412	0.0015	455	26	440	4	442	5
23	26	720	0.04	0.0576	0.0007	0.5637	0.0071	0.0710	0.0007	0.0472	0.0021	515	27	442	4	454	6
24	228	319	0.71	0.0639	0.0008	1.0107	0.0132	0.1146	0.0011	0.0348	0.0002	740	26	700	6	709	9
25	235	2509	0.09	0.0548	0.0006	0.3443	0.0049	0.0456	0.0006	0.0137	0.0003	404	25	287	4	300	4
26	40	1888	0.02	0.0559	0.0006	0.5390	0.0061	0.0700	0.0007	0.0191	0.0010	448	23	436	4	438	5
27	113	1618	0.07	0.0560	0.0006	0.5293	0.0062	0.0686	0.0006	0.0153	0.0005	451	24	428	4	431	5
28	168	279	0.60	0.1025	0.0011	3.7881	0.0421	0.2680	0.0025	0.0651	0.0004	1670	20	1531	14	1590	18
29	62	1355	0.05	0.0598	0.0006	0.6792	0.0076	0.0823	0.0008	0.0729	0.0010	598	23	510	5	526	6
30	22	319	0.07	0.0569	0.0011	0.5527	0.0110	0.0704	0.0006	0.0346	0.0021	489	43	439	4	447	9
WY018, 贵溪岩体黑云母花岗岩, 贵溪县金屯镇高公村 (E117° 15' 09", N28° 06' 26")																	
01	93	672	0.06	0.0558	0.0010	0.5452	0.0128	0.0709	0.0008	0.0350	0.0017	444	39	441	5	442	10
02	142	430	0.07	0.0567	0.0007	0.5474	0.0073	0.0700	0.0006	0.0190	0.0002	481	29	436	4	443	6
03	165	427	0.08	0.0574	0.0015	0.5517	0.0165	0.0697	0.0006	0.0271	0.0008	507	58	434	4	446	13
04	126	378	0.10	0.0563	0.0008	0.5462	0.0080	0.0703	0.0006	0.0180	0.0002	465	31	438	4	443	6
05	192	521	0.11	0.0555	0.0010	0.5371	0.0097	0.0702	0.0006	0.0171	0.0001	433	40	437	4	436	8
06	187	1049	0.12	0.0566	0.0005	0.5436	0.0047	0.0697	0.0006	0.0197	0.0002	475	20	434	4	441	4
07	106	441	0.12	0.0558	0.0007	0.5437	0.0069	0.0707	0.0006	0.0195	0.0003	444	28	440	4	441	6
08	88	289	0.12	0.0562	0.0018	0.5447	0.0176	0.0703	0.0006	0.0199	0.0004	459	70	438	4	441	14
09	154	507	0.14	0.0558	0.0007	0.5446	0.0069	0.0708	0.0006	0.0177	0.0001	445	27	441	4	441	6
10	1000	1609	0.17	0.0599	0.0004	0.5647	0.0044	0.0684	0.0006	0.0080	0.0001	599	16	427	4	455	4
11	203	1739	0.18	0.0559	0.0000	0.5452	0.0045	0.0707	0.0007	0.0156	0.0002	450	18	440	4	442	4
12	123	513	0.24	0.0553	0.0001	0.5394	0.0102	0.0707	0.0006	0.0220	0.0009	426	42	440	4	438	8
13	22	337	0.24	0.0558	0.0014	0.5406	0.0134	0.0703	0.0008	0.0542	0.0038	444	55	438	5	439	11
14	108	1354	0.24	0.0560	0.0001	0.5460	0.0049	0.0707	0.0006	0.0246	0.0005	452	19	441	4	442	4
15	141	361	0.25	0.0563	0.0011	0.5422	0.0105	0.0698	0.0006	0.0217	0.0004	466	43	435	4	440	9
16	126	1183	0.26	0.0556	0.0008	0.5418	0.0079	0.0707	0.0006	0.0289	0.0015	434	32	441	4	440	6
17	113	407	0.28	0.0558	0.0012	0.5444	0.0123	0.0708	0.0006	0.0263	0.0010	442	47	441	4	441	10
18	137	580	0.28	0.0550	0.0007	0.5367	0.0068	0.0707	0.0006	0.0228	0.0006	414	30	440	4	436	6
19	42	667	0.30	0.0564	0.0009	0.5450	0.0092	0.0701	0.0006	0.0252	0.0005	467	37	437	4	442	7
20	111	401	0.30	0.0551	0.0009	0.5382	0.0093	0.0708	0.0006	0.0243	0.0006	418	38	441	4	437	8
21	133	1310	0.31	0.0553	0.0007	0.5426	0.0071	0.0712	0.0006	0.0215	0.0005	424	29	443	4	440	6
22	131	421	0.31	0.0553	0.0007	0.5394	0.0072	0.0708	0.0006	0.0214	0.0003	424	30	441	4	438	6
23	145	1198	0.33	0.0583	0.0008	0.5602	0.0085	0.0697	0.0006	0.0373	0.0015	540	31	434	4	452	7
24	183	708	0.33	0.0560	0.0011	0.5439	0.0109	0.0704	0.0006	0.0167	0.0005	453	42	439	4	441	9
25	450	630	0.37	0.0588	0.0009	0.5708	0.0094	0.0704	0.0006	0.0236	0.0003	561	35	438	4	459	8
26	157	511	0.39	0.0554	0.0008	0.5412	0.0081	0.0708	0.0006	0.0241	0.0003	430	33	441	4	439	7
27	62	248	0.39	0.0590	0.0015	0.5703	0.0149	0.0701	0.0006	0.0423	0.0008	568	55	437	4	458	12
28	209	477	0.44	0.0550	0.0008	0.5369	0.0077	0.0708	0.0006	0.0239	0.0003	413	33	441	4	436	6
29	107	886	0.62	0.0563	0.0008	0.5490	0.0074	0.0707	0.0006	0.0362	0.0013	464	30	441	4	444	6
30	210	1231	0.71	0.0560	0.0005	0.5467	0.0058	0.0708	0.0006	0.0235	0.0003	452	22	441	4	443	5
WY011, 泰宁岩体片麻状钾长花岗岩, 泰宁县大田乡 (E116° 35' 30", N26° 58' 12")																	
01	150	175	0.86	0.0550	0.0017	0.5141	0.0178	0.0677	0.0018	0.0218	0.0006	409	70	422	11	421	12
02	102	280	0.36	0.0541	0.0016	0.5095	0.0162	0.0683	0.0018	0.0211	0.0006	376	67	426	11	418	11
03	139	265	0.52	0.0550	0.0016	0.5156	0.0164	0.0680	0.0018	0.0205	0.0006	413	65	424	11	422	11
04	140	413	0.34	0.0547	0.0015	0.5122	0.0158	0.0679	0.0017	0.0213	0.0006	398	58	423	10	420	11
05	127	489	0.26	0.0542	0.0015	0.5416	0.0172	0.0725	0.0019	0.0215	0.0006	389	63	451	11	439	11
06	106	148	0.72	0.0567	0.0019	0.4903	0.0184	0.0627	0.0017	0.0208	0.0006	480	44	392	10	405	13
07	76	174	0.43	0.0599	0.0020	0.6167	0.0238	0.0743	0.0021	0.0235	0.0007	598	103	462	13	488	15
08	104	334	0.31	0.0532	0.0015	0.4920	0.0158	0.0670	0.0017	0.0223	0.0006	339	97	418	10	406	11
09	78	242	0.32	0.0563	0.0018	0.4954	0.0179	0.0639	0.0017	0.0228	0.0007	465	103	399	10	409	12
10	110	911	0.12	0.0542	0.0015	0.5249	0.0174	0.0701	0.0018	0.0222	0.0006	389	63	437	11	428	12
11	147	157	0.94	0.1299	0.0035	2.7687	0.1004	0.1536	0.0043	0.0483	0.0014	2098	47	921	24	1347	27
12	109	299	0.36	0.0574	0.0017	0.5330	0.0190	0.0672	0.0017	0.0209	0.0006	506	65	419	10	434	13

续表2

点号	同位素含量/10 ⁻⁶		Th/U	同位素比值								表面年龄/Ma					
	²³² Th	²³⁸ U		²⁰⁷ Pb		²⁰⁷ Pb		²⁰⁶ Pb		²⁰⁸ Pb		²⁰⁷ Pb		²⁰⁶ Pb		²⁰⁷ Pb	
				$\rho_{206}^{206}Pb$	1 σ	$\rho_{235}^{235}U$	1 σ	$\rho_{238}^{238}U$	1 σ	$\rho_{232}^{232}Th$	1 σ	$\rho_{206}^{206}Pb$	1 σ	$\rho_{238}^{238}U$	1 σ	$\rho_{235}^{235}U$	1 σ
13	152	170	0.89	0.0551	0.0019	0.5233	0.0207	0.0691	0.0018	0.0220	0.0006	417	81	431	11	427	14
14	90	705	0.13	0.0586	0.0015	0.6521	0.0234	0.0805	0.0021	0.0256	0.0007	550	55	499	13	510	14
15	135	594	0.23	0.0540	0.0016	0.4798	0.0182	0.0644	0.0016	0.0210	0.0006	372	65	403	10	398	12
16	110	274	0.40	0.0558	0.0018	0.5168	0.0220	0.0671	0.0017	0.0214	0.0006	456	75	419	10	423	15
17	104	224	0.46	0.0531	0.0018	0.4763	0.0196	0.0652	0.0017	0.0209	0.0006	332	74	407	10	396	14
18	198	402	0.49	0.0573	0.0016	0.6049	0.0226	0.0765	0.0020	0.0205	0.0006	502	63	475	12	480	14
19	150	264	0.57	0.0554	0.0017	0.5043	0.0194	0.0661	0.0017	0.0206	0.0006	428	66	412	10	415	13
20	94	189	0.50	0.0561	0.0019	0.5098	0.0209	0.0660	0.0018	0.0212	0.0006	457	71	412	11	418	14
21	205	1689	0.12	0.0548	0.0015	0.5323	0.0183	0.0702	0.0018	0.0215	0.0006	406	61	437	11	433	12
22	127	132	0.96	0.0564	0.0021	0.5471	0.0232	0.0702	0.0019	0.0218	0.0006	478	81	437	12	443	15
23	133	257	0.52	0.0563	0.0018	0.5126	0.0186	0.0659	0.0017	0.0202	0.0006	465	103	412	10	420	12
24	147	162	0.91	0.0552	0.0018	0.5121	0.0195	0.0673	0.0018	0.0206	0.0006	420	77	420	11	420	13
25	124	1217	0.10	0.0550	0.0015	0.5376	0.0179	0.0707	0.0018	0.0206	0.0006	413	64	440	11	437	12
26	115	407	0.28	0.0579	0.0016	0.5483	0.0191	0.0685	0.0018	0.0229	0.0007	524	63	427	11	444	13
27	134	361	0.37	0.0579	0.0017	0.5598	0.0219	0.0694	0.0019	0.0235	0.0009	528	65	433	12	451	14
28	186	1626	0.11	0.0561	0.0015	0.5431	0.0170	0.0702	0.0018	0.0207	0.0005	454	62	437	11	440	11
29	163	932	0.17	0.0556	0.0015	0.5465	0.0179	0.0712	0.0018	0.0214	0.0006	435	59	444	11	443	12
30	126	320	0.39	0.0579	0.0018	0.5185	0.0189	0.0649	0.0017	0.0205	0.0006	528	67	406	10	424	13
31	112	305	0.37	0.0583	0.0018	0.5192	0.0195	0.0646	0.0017	0.0218	0.0006	539	67	404	10	425	13
32	175	1397	0.13	0.0566	0.0015	0.5194	0.0179	0.0664	0.0017	0.0196	0.0006	476	92	414	10	425	12
33	199	618	0.32	0.0558	0.0016	0.5178	0.0191	0.0671	0.0018	0.0213	0.0006	443	58	419	11	424	13
34	116	267	0.43	0.0765	0.0028	1.1482	0.0756	0.1010	0.0043	0.0218	0.0006	1109	79	620	25	776	36
35	168	2010	0.08	0.0556	0.0014	0.5031	0.0191	0.0654	0.0017	0.0203	0.0005	435	62	409	10	414	13
36	101	196	0.52	0.0553	0.0018	0.5604	0.0248	0.0736	0.0019	0.0215	0.0006	433	72	458	12	452	16
37	585	626	0.93	0.0841	0.0022	2.3316	0.0888	0.2001	0.0051	0.0580	0.0016	1294	50	1176	27	1222	27
38	269	299	0.90	0.0561	0.0017	0.5042	0.0198	0.0652	0.0017	0.0201	0.0005	457	69	407	10	415	13
39	141	571	0.25	0.0553	0.0016	0.5141	0.0192	0.0674	0.0018	0.0210	0.0006	433	60	421	11	421	13
40	145	158	0.92	0.0561	0.0019	0.5389	0.0225	0.0699	0.0019	0.0206	0.0006	457	71	435	12	438	15
WY015, 金溪岩体中粗粒黑云母花岗岩, 金溪县陆坊乡(E116° 50' 22" , N28° 00' 44")																	
01	55	88.2	0.63	0.1678	0.0046	8.2786	0.2723	0.3571	0.0093	0.1323	0.0042	2536	41	1968	44	2262	30
02	138	1138	0.12	0.0665	0.0018	0.6751	0.0212	0.0735	0.0019	0.0149	0.0007	822	56	457	11	524	13
03	79	216	0.37	0.0637	0.0018	1.0869	0.0374	0.1240	0.0034	0.0400	0.0011	731	29	753	19	747	18
04	220	497	0.44	0.1393	0.0036	4.4762	0.1413	0.2325	0.0059	0.1045	0.0027	2220	44	1348	31	1727	26
05	69	391	0.18	0.1469	0.0038	6.1044	0.2056	0.3004	0.0080	0.0679	0.0019	2310	44	1693	40	1991	29
06	21	645	0.03	0.0552	0.0015	0.5597	0.0187	0.0735	0.0019	0.0240	0.0008	417	55	457	11	451	12
07	167	354	0.47	0.1180	0.0030	5.1211	0.1594	0.3144	0.0081	0.0867	0.0022	1926	46	1763	40	1840	26
08	22	425	0.05	0.0568	0.0016	0.5934	0.0191	0.0758	0.0020	0.0261	0.0010	487	63	471	12	473	12
09	147	261	0.56	0.1034	0.0027	3.2471	0.0992	0.2273	0.0059	0.0749	0.0019	1687	47	1320	31	1468	24
10	21	448	0.05	0.0571	0.0016	0.5829	0.0188	0.0740	0.0019	0.0311	0.0011	494	68	460	11	466	12
11	48	247	0.20	0.0602	0.0017	0.8271	0.0283	0.0994	0.0027	0.0319	0.0010	609	63	611	16	612	16
12	220	443	0.50	0.0664	0.0018	1.1489	0.0355	0.1255	0.0032	0.0394	0.0010	817	56	762	18	777	17
13	1185	902	1.31	0.0799	0.0024	0.9013	0.0304	0.0818	0.0022	0.0289	0.0011	1195	55	507	13	652	16
14	273	493	0.55	0.0659	0.0017	1.1995	0.0376	0.1319	0.0034	0.0440	0.0012	1200	56	799	19	800	17
15	27	42.5	0.64	0.1017	0.0033	3.1451	0.1214	0.2245	0.0064	0.0845	0.0025	1657	61	1306	34	1444	30
16	65	102.9	0.63	0.0683	0.0020	1.3719	0.0471	0.1460	0.0039	0.0479	0.0014	876	93	878	22	877	20
17	71	190	0.38	0.0559	0.0016	0.5495	0.0186	0.0710	0.0018	0.0231	0.0006	450	69	442	11	445	12
18	135	851	0.16	0.1394	0.0049	4.6135	0.4023	0.2197	0.0132	0.0814	0.0036	2220	61	1280	70	1752	73
19	126	469	0.27	0.0734	0.0020	1.4852	0.0504	0.1462	0.0040	0.0622	0.0016	1033	55	880	22	924	21
20	43	256	0.17	0.0560	0.0019	0.5532	0.0209	0.0716	0.0019	0.0241	0.0007	454	76	446	11	447	14
21	48	481	0.10	0.0567	0.0016	0.5876	0.0192	0.0751	0.0019	0.0225	0.0007	480	61	467	12	469	12
22	78	229	0.34	0.0661	0.0020	0.8934	0.0358	0.0974	0.0029	0.0334	0.0011	809	65	599	17	648	19
23	45	769	0.06	0.0563	0.0015	0.5400	0.0168	0.0694	0.0018	0.0235	0.0007	465	29	432	11	438	11
24	46	304	0.15	0.0764	0.0024	1.0350	0.0494	0.0960	0.0032	0.0341	0.0010	1106	63	591	19	721	25
25	21	29.4	0.70	0.0664	0.0027	1.1933	0.0518	0.1297	0.0037	0.0427	0.0013	817	83	786	21	797	24
26	54	392	0.14	0.0587	0.0016	0.5438	0.0181	0.0671	0.0017	0.0288	0.0014	567	61	419	10	441	12
27	34	274	0.12	0.0592	0.0018	0.6466	0.0226	0.0792	0.0021	0.0360	0.0015	572	63	491	13	506	14
28	55	170	0.32	0.0902	0.0027	1.4283	0.0484	0.1147	0.0030	0.0294	0.0009	1429	57	700	17	901	20
29	70	281	0.25	0.0612	0.0019	0.5891	0.0206	0.0698	0.0018	0.0325	0.0023	656	73	435	11	470	13
30	43	237	0.18	0.0568	0.0017	0.5492	0.0179	0.0702	0.0018	0.0232	0.0008	483	65	438	11	444	12

表3 锆石 Lu-Hf同位素组成
Table 3 Analytical results of Lu-Hf isotopes for zircons

分析点号	年龄/Ma	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	1σ	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Yb}/^{177}\text{Hf}$	$(^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf})_i$	$\epsilon_{\text{Hf}}(t)$	1σ	t_{DM}^c/Ga
WY018, 贵溪岩体黑云母花岗岩, 贵溪县金屯镇高公村 (E117°15' 09", N28° 06' 26")									
1	438.5	0.282317	0.000009	0.0003	0.0088	0.282314	-6.89	0.30	1.84
1G	438.5	0.281995	0.000011	0.0002	0.0069	0.281993	-18.26	0.39	2.56
1G2	438.5	0.281997	0.000012	0.0002	0.0068	0.281995	-18.19	0.42	2.55
2	438.5	0.282274	0.000009	0.0004	0.0121	0.282270	-8.46	0.31	1.94
3	438.5	0.282282	0.000008	0.0006	0.0189	0.282277	-8.22	0.29	1.93
4	438.5	0.282281	0.000008	0.0004	0.0127	0.282278	-8.18	0.27	1.93
5	438.5	0.282269	0.000008	0.0002	0.0066	0.282267	-8.56	0.28	1.95
6	438.5	0.282316	0.000007	0.0005	0.0172	0.282311	-7.00	0.26	1.85
7	438.5	0.282310	0.000008	0.0004	0.0127	0.282307	-7.15	0.26	1.86
8	438.5	0.282280	0.000009	0.0003	0.0100	0.282277	-8.20	0.32	1.93
9	438.5	0.282309	0.000007	0.0005	0.0169	0.282305	-7.23	0.24	1.86
10	438.5	0.282267	0.000008	0.0005	0.0168	0.282263	-8.71	0.29	1.96
10G	438.5	0.282024	0.000012	0.0002	0.0068	0.282022	-17.26	0.41	2.49
10G2	438.5	0.282029	0.000011	0.0002	0.0067	0.282027	-17.07	0.39	2.48
11	438.5	0.282367	0.000009	0.0013	0.0422	0.282357	-5.39	0.32	1.75
12	438.5	0.282293	0.000008	0.0005	0.0154	0.282289	-7.78	0.28	1.90
13	438.5	0.282292	0.000009	0.0006	0.0170	0.282287	-7.86	0.30	1.90
14	438.5	0.282306	0.000008	0.0008	0.0255	0.282300	-7.41	0.26	1.88
15	438.5	0.282292	0.000009	0.0006	0.0197	0.282287	-7.87	0.32	1.91
16	438.5	0.282343	0.000008	0.0004	0.0130	0.282340	-5.99	0.30	1.79
17	438.5	0.282335	0.000009	0.0004	0.0128	0.282332	-6.26	0.32	1.80
18	438.5	0.282304	0.000009	0.0004	0.0124	0.282301	-7.37	0.31	1.87
19	438.5	0.282286	0.000010	0.0002	0.0057	0.282284	-7.95	0.34	1.91
20	438.5	0.282307	0.000009	0.0005	0.0146	0.282304	-7.27	0.30	1.87
20G	438.5	0.281972	0.000011	0.0002	0.0069	0.281970	-19.09	0.38	2.61
20G2	438.5	0.281993	0.000013	0.0002	0.0068	0.281991	-18.34	0.44	2.56
21	438.5	0.282291	0.000009	0.0005	0.0145	0.282287	-7.86	0.32	1.90
22	438.5	0.282315	0.000010	0.0003	0.0110	0.282313	-6.96	0.33	1.85
23	438.5	0.282269	0.000008	0.0006	0.0197	0.282264	-8.67	0.28	1.96
24	438.5	0.282311	0.000012	0.0006	0.0202	0.282306	-7.18	0.42	1.86
25	438.5	0.282313	0.000012	0.0021	0.0810	0.282296	-7.55	0.43	1.88
26	438.5	0.282302	0.000010	0.0007	0.0302	0.282296	-7.54	0.34	1.88
27	438.5	0.282283	0.000011	0.0002	0.0098	0.282281	-8.06	0.37	1.92
28	438.5	0.282335	0.000010	0.0005	0.0202	0.282331	-6.32	0.35	1.81
29	438.5	0.282318	0.000009	0.0007	0.0261	0.282313	-6.95	0.31	1.85
30	438.5	0.282322	0.000010	0.0005	0.0201	0.282318	-6.77	0.34	1.84
30G	438.5	0.282015	0.000010	0.0002	0.0068	0.282013	-17.55	0.35	2.51
30G2	438.5	0.282020	0.000011	0.0002	0.0068	0.282017	-17.40	0.37	2.50
2012SC38-1, 上杭岩体片麻状花岗岩, 上杭县稔田镇 (E116°38' 13", N24° 51' 43")									
1	439.5	0.282298	0.000005	0.0009	0.0237	0.282290	-7.72	0.19	1.90
1G	439.5	0.282004	0.000011	0.0002	0.0071	0.282002	-17.92	0.38	2.54
1G2	439.5	0.281991	0.000010	0.0002	0.0071	0.281989	-18.38	0.35	2.56
2	439.5	0.282327	0.000007	0.0010	0.0294	0.282319	-6.72	0.24	1.83
3	439.5	0.282291	0.000008	0.0010	0.0306	0.282283	-7.98	0.26	1.91
4	439.5	0.282321	0.000008	0.0008	0.0256	0.282314	-6.88	0.29	1.84
5	439.5	0.282291	0.000008	0.0014	0.0433	0.282280	-8.09	0.27	1.92
6	439.5	0.282333	0.000007	0.0009	0.0287	0.282325	-6.49	0.26	1.82
7	439.5	0.282253	0.000008	0.0009	0.0288	0.282246	-9.29	0.28	2.00
8	439.5	0.282322	0.000008	0.0008	0.0265	0.282315	-6.86	0.27	1.84
9	439.5	0.282343	0.000007	0.0011	0.0353	0.282334	-6.19	0.26	1.80
10	439.5	0.282328	0.000008	0.0009	0.0277	0.282321	-6.63	0.29	1.83
10G	439.5	0.282025	0.000011	0.0002	0.0070	0.282023	-17.19	0.38	2.49
10G2	439.5	0.281995	0.000011	0.0002	0.0072	0.281993	-18.23	0.38	2.55
11	439.5	0.282281	0.000008	0.0009	0.0270	0.282274	-8.31	0.27	1.93
12	439.5	0.282318	0.000009	0.0011	0.0368	0.282309	-7.06	0.30	1.85
13	439.5	0.282335	0.000009	0.0009	0.0288	0.282328	-6.38	0.33	1.81
14	439.5	0.282372	0.000010	0.0013	0.0420	0.282362	-5.20	0.36	1.74
15	439.5	0.282340	0.000009	0.0009	0.0309	0.282332	-6.23	0.32	1.80
16	439.5	0.282265	0.000012	0.0010	0.0366	0.282256	-8.94	0.41	1.97
17	439.5	0.282346	0.000009	0.0015	0.0516	0.282334	-6.18	0.32	1.80
18	439.5	0.282321	0.000010	0.0009	0.0319	0.282313	-6.93	0.34	1.85
19	348	0.282293	0.000010	0.0010	0.0318	0.282286	-9.90	0.34	1.96
20	439.5	0.282287	0.000009	0.0011	0.0348	0.282278	-8.17	0.31	1.93
20G	439.5	0.281991	0.000010	0.0002	0.0071	0.281989	-18.37	0.36	2.56
20G2	439.5	0.281987	0.000011	0.0002	0.0072	0.281986	-18.51	0.38	2.57
21	439.5	0.282161	0.000009	0.0008	0.0281	0.282154	-12.55	0.32	2.20
22	439.5	0.282290	0.000007	0.0008	0.0270	0.282283	-7.98	0.26	1.91

续表3

分析点号	年龄/Ma	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	1σ	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Yb}/^{177}\text{Hf}$	$(^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf})_i$	$t_{\text{HM}}(t)$	1σ	t_{DM}/Ga
23	439.5	0.282336	0.000009	0.0017	0.0560	0.282322	-6.59	0.32	1.83
24	439.5	0.282375	0.000012	0.0013	0.0431	0.282365	-5.09	0.40	1.73
25	439.5	0.282341	0.000009	0.0010	0.0322	0.282333	-6.21	0.30	1.80
26	439.5	0.282291	0.000009	0.0009	0.0284	0.282283	-7.98	0.30	1.91
27	281	0.282349	0.000009	0.0013	0.0327	0.282342	-9.41	0.33	1.88
28	439.5	0.282322	0.000009	0.0010	0.0314	0.282314	-6.90	0.32	1.84
29	439.5	0.282349	0.000009	0.0009	0.0296	0.282341	-5.93	0.32	1.78
30	439.5	0.282364	0.000009	0.0010	0.0326	0.282356	-5.41	0.30	1.75
30G	439.5	0.282015	0.000010	0.0002	0.0068	0.282013	-17.53	0.35	2.51
30G2	439.5	0.281972	0.000011	0.0002	0.0068	0.281970	-19.07	0.38	2.61
2012SC41, 沙县岩体片麻状花岗岩, 沙县富口镇白溪村 (E117°40'32", N26°28'48")									
1	439.5	0.282303	0.000006	0.0010	0.0295	0.282295	-7.57	0.21	1.89
1G	439.5	0.282017	0.000009	0.0002	0.0071	0.282015	-17.47	0.31	2.51
1G2	439.5	0.282015	0.000008	0.0002	0.0067	0.282013	-17.53	0.29	2.51
2	439.5	0.282266	0.000008	0.0020	0.0556	0.282249	-9.17	0.27	1.99
3	2575	0.281000	0.000007	0.0004	0.0121	0.280981	-5.38	0.26	3.44
4	2880	0.281673	0.000011	0.0012	0.0342	0.281606	24.02	0.39	1.78
5	439.5	0.282272	0.000008	0.0012	0.0341	0.282262	-8.71	0.27	1.96
6	439.5	0.282275	0.000007	0.0015	0.0409	0.282263	-8.70	0.25	1.96
7	439.5	0.282292	0.000009	0.0021	0.0578	0.282275	-8.27	0.30	1.93
8	439.5	0.282275	0.000008	0.0014	0.0467	0.282264	-8.66	0.29	1.96
9	439.5	0.282278	0.000008	0.0012	0.0372	0.282268	-8.51	0.29	1.95
10	439.5	0.282273	0.000009	0.0012	0.0366	0.282263	-8.68	0.30	1.96
10G	439.5	0.282005	0.000010	0.0002	0.0071	0.282003	-17.91	0.36	2.53
10G2	439.5	0.282032	0.000011	0.0002	0.0069	0.282031	-16.92	0.39	2.47
11	439.5	0.282271	0.000009	0.0015	0.0462	0.282259	-8.83	0.33	1.97
12	439.5	0.282314	0.000008	0.0011	0.0351	0.282305	-7.20	0.27	1.86
13	439.5	0.282156	0.000008	0.0011	0.0375	0.282147	-12.79	0.28	2.21
14	439.5	0.282292	0.000009	0.0006	0.0208	0.282287	-7.85	0.32	1.90
17	439.5	0.282320	0.000009	0.0007	0.0234	0.282315	-6.86	0.32	1.84
18	439.5	0.282308	0.000009	0.0011	0.0354	0.282299	-7.40	0.31	1.88
19	439.5	0.282307	0.000010	0.0011	0.0373	0.282297	-7.47	0.36	1.88
20	439.5	0.282280	0.000008	0.0009	0.0274	0.282272	-8.36	0.27	1.94
20G	439.5	0.282021	0.000009	0.0002	0.0069	0.282019	-17.31	0.32	2.50
20G2	439.5	0.282010	0.000009	0.0002	0.0069	0.282008	-17.71	0.31	2.52
21	923	0.281339	0.000011	0.0012	0.0343	0.281319	-31.26	0.38	3.75
22	709	0.282019	0.000011	0.0014	0.0463	0.282001	-11.93	0.38	2.38
23	778	0.282172	0.000010	0.0010	0.0243	0.282158	-4.83	0.36	1.98
24	439.5	0.282311	0.000009	0.0012	0.0389	0.282301	-7.35	0.30	1.87
25	439.5	0.282233	0.000009	0.0013	0.0385	0.282222	-10.14	0.30	2.05
26	439.5	0.282279	0.000011	0.0009	0.0306	0.282271	-8.40	0.39	1.94
27	439.5	0.282307	0.000010	0.0010	0.0305	0.282299	-7.42	0.33	1.88
28	439.5	0.282327	0.000010	0.0012	0.0365	0.282318	-6.75	0.35	1.84
30	439.5	0.282306	0.000010	0.0012	0.0394	0.282296	-7.51	0.35	1.88
30G	439.5	0.282017	0.000010	0.0002	0.0071	0.282014	-17.49	0.36	2.51
30G2	439.5	0.282001	0.000010	0.0002	0.0070	0.281999	-18.02	0.37	2.54
WY005, 宁化岩体片麻状花岗岩, 宁化县安远乡墩和村 (E116°40'39", N26°31'16")									
1	419	0.282251	0.000011	0.0011	0.0418	0.282243	-9.87	0.38	2.02
2	419	0.282257	0.000010	0.0019	0.0723	0.282242	-9.89	0.34	2.02
3	419	0.282241	0.000011	0.0009	0.0355	0.282233	-10.20	0.39	2.04
4	419	0.282267	0.000011	0.0012	0.0477	0.282258	-9.33	0.40	1.98
5	419	0.282241	0.000011	0.0012	0.0459	0.282232	-10.24	0.38	2.04
6	419	0.282237	0.000011	0.0019	0.0704	0.282222	-10.60	0.38	2.06
7	419	0.282224	0.000012	0.0011	0.0404	0.282216	-10.82	0.41	2.08
8	419	0.282228	0.000010	0.0020	0.0736	0.282212	-10.94	0.36	2.08
9	419	0.282231	0.000010	0.0012	0.0475	0.282222	-10.60	0.36	2.06
10	419	0.282253	0.000011	0.0009	0.0379	0.282246	-9.77	0.38	2.01
12	419	0.282220	0.000009	0.0010	0.0404	0.282212	-10.94	0.30	2.08
13	419	0.282195	0.000010	0.0011	0.0401	0.282186	-11.87	0.34	2.14
14	419	0.282176	0.000008	0.0011	0.0429	0.282168	-12.53	0.27	2.18
15	419	0.282206	0.000010	0.0017	0.0688	0.282192	-11.64	0.34	2.13
16	419	0.282252	0.000011	0.0009	0.0358	0.282245	-9.78	0.37	2.01
17	419	0.282293	0.000009	0.0011	0.0419	0.282285	-8.37	0.33	1.92
18	419	0.282177	0.000011	0.0013	0.0545	0.282166	-12.57	0.39	2.19
19	419	0.282187	0.000011	0.0009	0.0379	0.282180	-12.09	0.39	2.15
20	419	0.282272	0.000011	0.0011	0.0428	0.282263	-9.13	0.37	1.97
21	419	0.282226	0.000012	0.0011	0.0473	0.282217	-10.77	0.42	2.07
22	419	0.282231	0.000010	0.0014	0.0605	0.282219	-10.69	0.37	2.07
23	419	0.282238	0.000010	0.0011	0.0458	0.282229	-10.35	0.37	2.05
24	419	0.282208	0.000009	0.0017	0.0834	0.282195	-11.55	0.33	2.12

续表3

分析点号	年龄/Ma	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	1σ	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Yb}/^{177}\text{Hf}$	$(^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf})_i$	$\epsilon_{\text{Hf}}(t)$	1σ	t_{DM}/Ga
25	419	0.282213	0.000010	0.0009	0.0356	0.282206	-11.17	0.37	2.10
26	419	0.282200	0.000012	0.0010	0.0412	0.282192	-11.66	0.41	2.13
27	419	0.282240	0.000011	0.0023	0.0948	0.282222	-10.59	0.37	2.06
28	419	0.282219	0.000010	0.0017	0.0683	0.282206	-11.17	0.35	2.10
29	419	0.282230	0.000010	0.0015	0.0599	0.282219	-10.71	0.37	2.07
30	419	0.282214	0.000011	0.0013	0.0553	0.282204	-11.24	0.39	2.10
WY009, 上青岩体黑云母花岗岩, 泰宁县上青乡崇化村(E117° 10' 50", N27° 01' 07")									
1	439.8	0.282181	0.000009	0.0009	0.0289	0.282174	-11.85	0.33	2.16
2	839	0.282005	0.000010	0.0009	0.0267	0.281991	-9.36	0.33	2.32
3	439.8	0.282193	0.000008	0.0009	0.0289	0.282186	-11.41	0.29	2.13
4	439.8	0.282150	0.000010	0.0010	0.0337	0.282142	-12.97	0.36	2.23
5	439.8	0.282201	0.000010	0.0013	0.0457	0.282190	-11.28	0.35	2.12
6	439.8	0.282159	0.000012	0.0012	0.0420	0.282149	-12.72	0.41	2.21
7	439.8	0.282211	0.000010	0.0011	0.0400	0.282202	-10.85	0.34	2.09
9	439.8	0.282162	0.000009	0.0003	0.0127	0.282160	-12.33	0.33	2.19
10	439.8	0.282215	0.000008	0.0022	0.0736	0.282197	-11.00	0.30	2.10
12	439.8	0.282218	0.000009	0.0016	0.0608	0.282205	-10.74	0.32	2.09
13	439.8	0.282214	0.000010	0.0006	0.0246	0.282209	-10.59	0.36	2.08
14	439.8	0.282174	0.000010	0.0010	0.0400	0.282165	-12.13	0.36	2.17
15	439.8	0.282405	0.000012	0.0012	0.0507	0.282395	-4.02	0.41	1.66
16	439.8	0.282231	0.000011	0.0016	0.0689	0.282219	-10.25	0.39	2.06
17	439.8	0.282154	0.000010	0.0012	0.0518	0.282144	-12.90	0.34	2.22
18	439.8	0.282170	0.000012	0.0011	0.0450	0.282161	-12.28	0.41	2.18
19	439.8	0.282218	0.000012	0.0013	0.0571	0.282208	-10.65	0.43	2.08
20	735	0.281165	0.000010	0.0005	0.0193	0.281159	-41.18	0.36	4.20
21	439.8	0.282170	0.000014	0.0014	0.0476	0.282158	-12.40	0.50	2.19
22	439.8	0.282229	0.000011	0.0011	0.0376	0.282219	-10.23	0.39	2.05
23	439.8	0.282208	0.000011	0.0015	0.0646	0.282195	-11.08	0.39	2.11
24	835	0.282052	0.000010	0.0009	0.0344	0.282038	-7.77	0.36	2.21
25	439.8	0.282240	0.000011	0.0012	0.0568	0.282230	-9.84	0.37	2.03
26	439.8	0.282235	0.000010	0.0011	0.0464	0.282226	-9.99	0.35	2.04
27	619	0.281710	0.000010	0.0005	0.0188	0.281705	-24.43	0.35	3.08
28	553	0.281703	0.000010	0.0008	0.0324	0.281695	-26.27	0.36	3.14
29	439.8	0.282221	0.000011	0.0015	0.0702	0.282208	-10.63	0.40	2.08
30	439.8	0.282191	0.000012	0.0010	0.0451	0.282182	-11.53	0.43	2.14
WY011, 泰宁岩体片麻状钾长花岗岩, 泰宁县大田乡(E116° 35' 30", N26° 58' 12")									
1	421.1	0.282276	0.000010	0.0008	0.0285	0.282270	-8.87	0.34	1.95
2	421.1	0.282249	0.000009	0.0008	0.0305	0.282242	-9.85	0.31	2.02
3	421.1	0.282273	0.000009	0.0009	0.0350	0.282266	-9.00	0.33	1.96
4	421.1	0.282201	0.000008	0.0017	0.0601	0.282187	-11.80	0.27	2.14
5	421.1	0.282123	0.000011	0.0008	0.0285	0.282117	-14.27	0.38	2.29
6	421.1	0.282224	0.000008	0.0012	0.0460	0.282214	-10.83	0.28	2.08
7	421.1	0.282283	0.000009	0.0007	0.0264	0.282277	-8.60	0.30	1.94
8	421.1	0.282276	0.000009	0.0008	0.0298	0.282270	-8.84	0.32	1.95
9	421.1	0.282244	0.000010	0.0009	0.0360	0.282237	-10.02	0.36	2.03
10	421.1	0.282270	0.000010	0.0010	0.0405	0.282262	-9.14	0.34	1.97
11	921	0.282233	0.000009	0.0008	0.0312	0.282219	0.57	0.31	1.75
12	921	0.282120	0.000010	0.0010	0.0389	0.282103	-3.53	0.35	2.02
13	421.1	0.282292	0.000009	0.0007	0.0296	0.282286	-8.29	0.31	1.92
14	421.1	0.282256	0.000010	0.0009	0.0397	0.282249	-9.59	0.35	2.00
15	421.1	0.282309	0.000011	0.0013	0.0580	0.282299	-7.84	0.40	1.89
16	421.1	0.282304	0.000011	0.0017	0.0726	0.282290	-8.13	0.38	1.91
17	421.1	0.282268	0.000011	0.0011	0.0488	0.282259	-9.23	0.38	1.98
18	421.1	0.282238	0.000011	0.0007	0.0322	0.282233	-10.18	0.38	2.04
19	421.1	0.282237	0.000009	0.0013	0.0521	0.282227	-10.37	0.31	2.05
20	421.1	0.282242	0.000009	0.0008	0.0331	0.282236	-10.04	0.30	2.03
21	421.1	0.282247	0.000010	0.0007	0.0309	0.282242	-9.86	0.34	2.02
22	421.1	0.282258	0.000010	0.0009	0.0360	0.282250	-9.54	0.36	2.00
23	421.1	0.282222	0.000009	0.0007	0.0270	0.282217	-10.74	0.33	2.07
24	421.1	0.282277	0.000010	0.0006	0.0223	0.282272	-8.76	0.34	1.95
25	421.1	0.282307	0.000012	0.0007	0.0265	0.282301	-7.74	0.42	1.88
26	421.1	0.282324	0.000012	0.0009	0.0334	0.282317	-7.18	0.41	1.85
27	421.1	0.282239	0.000012	0.0009	0.0359	0.282232	-10.20	0.41	2.04
28	421.1	0.282263	0.000011	0.0007	0.0286	0.282257	-9.30	0.37	1.98
29	421.1	0.282260	0.000010	0.0008	0.0319	0.282253	-9.45	0.35	1.99
30	421.1	0.282272	0.000011	0.0009	0.0367	0.282265	-9.03	0.38	1.96
WY14-2, 黎川岩体块状花岗岩中的片麻状花岗岩包体, 黎川县城(116° 54' 04", 27° 17' 22")									
1	436.4	0.282113	0.000008	0.0006	0.0182	0.282108	-14.25	0.28	2.30
2	436.4	0.282173	0.000008	0.0003	0.0105	0.282171	-12.02	0.28	2.16

续表3

分析点号	年龄/Ma	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	1σ	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Yb}/^{177}\text{Hf}$	$(^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf})_i$	$\epsilon_{\text{Hf}}(t)$	1σ	$t_{\text{DM}}^{\text{C}}/\text{Ga}$
3	436.4	0.282157	0.000008	0.0005	0.0167	0.282153	-12.67	0.29	2.20
4	436.4	0.282216	0.000007	0.0001	0.0041	0.282215	-10.47	0.24	2.07
5	1295	0.281435	0.000012	0.0005	0.0145	0.281422	-19.21	0.41	3.30
6	436.4	0.282157	0.000007	0.0004	0.0116	0.282154	-12.60	0.26	2.20
7	436.4	0.282178	0.000007	0.0001	0.0049	0.282177	-11.82	0.24	2.15
8	645	0.281817	0.000010	0.0006	0.0166	0.281810	-20.11	0.36	2.84
9	436.4	0.282149	0.000008	0.0005	0.0165	0.282145	-12.94	0.30	2.22
10	436.4	0.282133	0.000009	0.0009	0.0279	0.282126	-13.62	0.30	2.26
10G	436.4	0.281994	0.000009	0.0002	0.0069	0.281992	-18.33	0.32	2.56
10G2	436.4	0.281970	0.000015	0.0002	0.0067	0.281968	-19.19	0.53	2.61
11	436.4	0.282028	0.000008	0.0007	0.0198	0.282023	-17.27	0.29	2.49
12	436.4	0.282176	0.000008	0.0002	0.0053	0.282175	-11.89	0.29	2.16
13	436.4	0.282219	0.000007	0.0009	0.0272	0.282212	-10.57	0.25	2.07
14	436.4	0.282185	0.000008	0.0002	0.0083	0.282183	-11.58	0.27	2.14
15	436.4	0.282183	0.000008	0.0002	0.0094	0.282181	-11.64	0.29	2.14
16	436.4	0.282165	0.000011	0.0010	0.0296	0.282158	-12.49	0.38	2.19
17	436.4	0.282175	0.000007	0.0002	0.0065	0.282173	-11.93	0.25	2.16
18	436.4	0.282154	0.000007	0.0008	0.0261	0.282148	-12.84	0.24	2.22
19	436.4	0.282225	0.000008	0.0004	0.0147	0.282221	-10.24	0.29	2.05
20	436.4	0.282201	0.000008	0.0003	0.0124	0.282198	-11.06	0.27	2.10
20G	436.4	0.281985	0.000008	0.0002	0.0069	0.281983	-18.68	0.29	2.58
20G2	436.4	0.281989	0.000009	0.0002	0.0069	0.281987	-18.52	0.30	2.57
21	436.4	0.282176	0.000008	0.0005	0.0181	0.282172	-11.97	0.27	2.16
22	436.4	0.282212	0.000007	0.0001	0.0048	0.282211	-10.61	0.25	2.08
23	436.4	0.282204	0.000007	0.0004	0.0132	0.282201	-10.95	0.25	2.10
24	700	0.282081	0.000009	0.0007	0.0212	0.282072	-9.60	0.33	2.22
25	287	0.282175	0.000009	0.0011	0.0355	0.282169	-15.42	0.32	2.26
26	436.4	0.282169	0.000009	0.0003	0.0122	0.282167	-12.17	0.32	2.17
27	436.4	0.282178	0.000008	0.0014	0.0458	0.282166	-12.18	0.28	2.17
28	1351	0.281969	0.000010	0.0008	0.0277	0.281948	0.73	0.33	2.09
29	436.4	0.281893	0.000010	0.0006	0.0203	0.281888	-22.03	0.35	2.79
30	436.4	0.282350	0.000013	0.0003	0.0096	0.282348	-5.76	0.45	1.77
30G	436.4	0.281973	0.000010	0.0002	0.0068	0.281971	-19.11	0.33	2.61
30G2	436.4	0.282015	0.000010	0.0002	0.0070	0.282013	-17.61	0.37	2.51
WY031, 上犹岩体黑云母花岗岩, 上犹县城(E114° 31' 11", N25° 48' 52")									
11	430.5	0.282475	0.000009	0.0009	0.0267	0.282468	-1.63	0.31	1.50
12	430.5	0.282451	0.000010	0.0009	0.0285	0.282443	-2.51	0.34	1.56
13	430.5	0.282405	0.000009	0.0015	0.0469	0.282393	-4.29	0.30	1.67
15	1140	0.281939	0.000010	0.0004	0.0136	0.281930	-4.70	0.36	2.26
16	775	0.282218	0.000009	0.0015	0.0492	0.282196	-3.53	0.33	1.90
17	430.5	0.282072	0.000014	0.0013	0.0399	0.282062	-16.02	0.49	2.41
WY035, 桂东岩体黑云母花岗岩, 汝城县北部(E113° 49' 48", N25° 46' 20")									
10G4	438	0.281993	0.000012	0.0002	0.0069	0.281991	-18.36	0.43	2.56
10G5	438	0.281980	0.000011	0.0002	0.0073	0.281978	-18.82	0.39	2.59
10G7	438	0.282023	0.000013	0.0002	0.0072	0.282021	-17.30	0.47	2.50
10G8	438	0.282029	0.000010	0.0002	0.0077	0.282028	-17.06	0.36	2.48
11	438	0.282371	0.000011	0.0018	0.0668	0.282357	-5.39	0.39	1.75
12	438	0.282372	0.000010	0.0018	0.0684	0.282357	-5.39	0.35	1.75
13	438	0.282290	0.000011	0.0013	0.0445	0.282280	-8.12	0.37	1.92
14	438	0.282290	0.000023	0.0011	0.0388	0.282281	-8.07	0.80	1.92
15	438	0.282374	0.000010	0.0012	0.0422	0.282365	-5.12	0.35	1.73
16	438	0.282379	0.000008	0.0010	0.0361	0.282371	-4.91	0.30	1.72
17	438	0.282401	0.000009	0.0014	0.0502	0.282390	-4.24	0.32	1.68
18	438	0.282405	0.000010	0.0010	0.0371	0.282397	-3.99	0.34	1.66
19	438	0.282343	0.000011	0.0009	0.0345	0.282336	-6.15	0.40	1.80
20	438	0.282373	0.000010	0.0012	0.0419	0.282363	-5.17	0.35	1.73
20G	438	0.281973	0.000012	0.0002	0.0078	0.281971	-19.07	0.40	2.61
20G2	438	0.281993	0.000012	0.0002	0.0073	0.281991	-18.35	0.43	2.56
21	438	0.282261	0.000011	0.0007	0.0253	0.282256	-8.99	0.40	1.98
22	438	0.282369	0.000012	0.0011	0.0400	0.282360	-5.30	0.41	1.74
23	438	0.282274	0.000014	0.0012	0.0452	0.282264	-8.68	0.50	1.96
24	438	0.282363	0.000013	0.0016	0.0583	0.282350	-5.63	0.44	1.76
25	438	0.282352	0.000009	0.0012	0.0434	0.282343	-5.90	0.31	1.78
26	438	0.282350	0.000011	0.0011	0.0403	0.282341	-5.97	0.38	1.78
27	438	0.282385	0.000011	0.0013	0.0462	0.282374	-4.78	0.37	1.71
28	438	0.282339	0.000011	0.0010	0.0386	0.282330	-6.34	0.40	1.81
29	438	0.282339	0.000010	0.0028	0.1038	0.282316	-6.86	0.35	1.84
30	438	0.282350	0.000011	0.0009	0.0327	0.282343	-5.91	0.38	1.78
30G	438	0.281996	0.000011	0.0002	0.0078	0.281993	-18.26	0.39	2.56
30G2	438	0.282025	0.000012	0.0002	0.0078	0.282023	-17.23	0.41	2.49

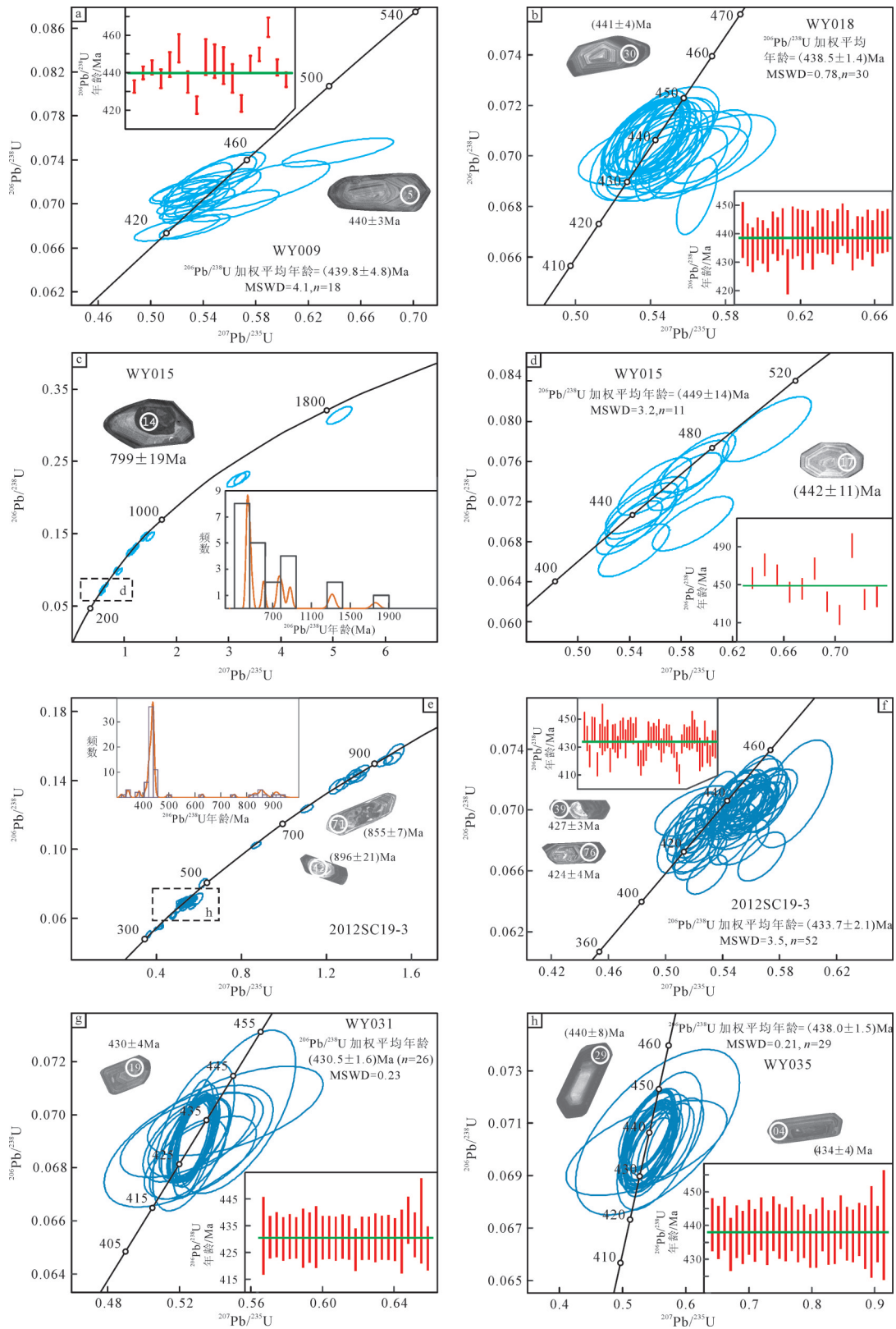


图3 块状花岗岩锆石U-Pb年龄谐和图
Fig.3 Zircon U-Pb concordia diagrams for massive granites

t_{DM}^C 为1.50~2.41Ga(平均值为1.79 Ga)。少量捕获锆石和继承核(具碎屑锆石特征)具中-新元古代年龄(554~1140Ma),其 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 初始值为0.281930和0.282196, $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 在-3.53和-4.70, t_{DM}^C 为1.90 Ga和2.26 Ga(表3)。其源岩主要为古元古代地壳物质。

WY035中锆石粒径在(70~125) $\mu\text{m} \times$ (110~400) μm 。CL图像显示全部为岩浆锆石($\text{Th}/\text{U}=0.06\sim 0.63$), $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄集中在434~441 Ma(表2),加权平均年龄为(438.0 \pm 1.5)Ma (MSWD=0.21, $n=29$)(图3-h),代表了桂东岩体黑云母花岗岩的侵位结晶年龄。以 $t=438$ Ma计算出的 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 初始值为0.281971~0.282397, $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 为-19.07~-3.99(平均值为-9.48), t_{DM}^C 为1.66~2.61 Ga(平均值为2.00 Ga)(表3),指示其源岩主要为古元古代地壳物质。

4 讨 论

4.1 物质来源

华夏地块加里东期花岗岩具有同造山或造山后的准铝质-过铝质S型或I型花岗岩的特征^[3,5]。加里东期花岗岩和混合岩的地球化学特征与基底变质岩系相似^[4,7,34],没有明显的幔源物质的加入^[3]及样品中大量出现的黑云母、石英和少量的富铝矿物^[6],其源岩可能为前寒武系的基底岩系或新元古代大陆裂谷岩系^[5,34]。

本文分别对武夷山和井冈山地区的加里东期块状花岗岩和片麻状花岗岩进行了锆石年代学和Lu-Hf同位素研究。根据样品中继承锆石所反映的信息,继承核具有碎屑锆石的特征及较古老的年龄(主要集中在550~880 Ma、1100~1400 Ma和1600~2000 Ma三个区间),指示其源岩可能为中下地壳的变沉积岩系^[1]和新元古代裂谷岩系,部分具加里东期年龄继承核的锆石表明其源区可能有加里东期地壳再循环的物质^[4]。两类花岗岩在锆石Hf同位素和二阶段Hf模式年龄 t_{DM}^C 组成上相似,与捕获锆石和继承核的Lu-Hf同位素组成范围一致^[20], Hf同位素可能主要来源于先存锆石的熔解^[6]。其中具有加里东期年龄的锆石所获得的 $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 值几乎全部在-20~0之间($n=247$),主要集中在-20~-16和-13~-4两个区间;二阶段Hf模式年龄 t_{DM}^C 在1.5~2.8Ga之间,主要集中在1.6~2.3 Ga和2.5~2.7 Ga两个区间; $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)-t$ 图解中主要落在了古元古代和新太

古代地壳演化线之间。与华夏地块其他同期形成的花岗岩、混合岩及变质岩中具加里东期年龄锆石的 $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 值和 t_{DM}^C 值分布特征相似,而与扬子板块加里东期花岗岩的锆石Hf同位素组成明显不同(图5)。表明加里东期花岗岩的物质起源主要为华夏地块古元古代和新太古代的地壳物质。

4.2 时空结构

华南板块东部的加里东期造山带宽600 km,延伸达2000 km^[1]。造山带形成于410~460 Ma的中奥陶世至早泥盆世之间^[5,13]。华南加里东运动伴随有混合岩化、变质作用、韧性剪切变形、岩浆活动,前人对这些进行了大量的年代学研究,获得了大量的数据,对华南加里东运动的时间进行了有力的约束,也取得了一定的认识。华夏地块陈蔡群、八都群、麻源群、云开群及天井坪组等前寒武基底变质岩系在430~460 Ma(表1)之间普遍发生了同造山的角闪岩相-麻粒岩相的变质作用和混合岩化^[5-6,9,31,46]。其中武夷山地区的峰期变质作用和大规模的混合岩化发生在440~460 Ma^[4-6,9,32],云开山地区的峰期变质作用发生在436~432 Ma^[47]。420~430 Ma造山带变质基底开始冷却抬升^[5](表1)。前泥盆纪地层均卷入了强烈的韧性剪切和褶皱冲断变形^[14,17,48-49],同造山的韧性逆冲剪切变形主要发生在430~440 Ma^[11],之后造山带两侧发生韧性走滑剪切变形(390~430 Ma)^[14]。华南地区大量早古生代花岗岩的研究也表明430~460 Ma的花岗岩形成于同造山加厚下地壳的部分熔融;400~430 Ma的花岗岩形成于造山带的热解垮塌^[3-4]。最近,Yao WH等^[15]对武夷山西缘早古生代火山岩的研究认为可能存在430 Ma左右的岩石圈拆沉事件。430 Ma左右可能是加里东期造山带构造体制转换的时间。

本文对武夷山和井冈山地区加里东期岩体进行锆石LA-ICP-MS U-Pb定年,除两个片麻状花岗岩样品获得较年轻的年龄之外(415.8 \pm 3.5)Ma和(421.1 \pm 5.3)Ma,其余年龄均集中在430~450 Ma,进一步约束了华夏地块发生大规模岩浆活动的时间。430~450 Ma的片麻状和块状花岗岩为同造山岩浆活动的产物,415 Ma和421 Ma的片麻状花岗岩形成于后造山阶段,可能与武夷山地区390~430 Ma韧性走滑剪切变形^[14]相关。本文所报道的部分块状花岗岩(2012SC19-3)和片麻状花岗岩

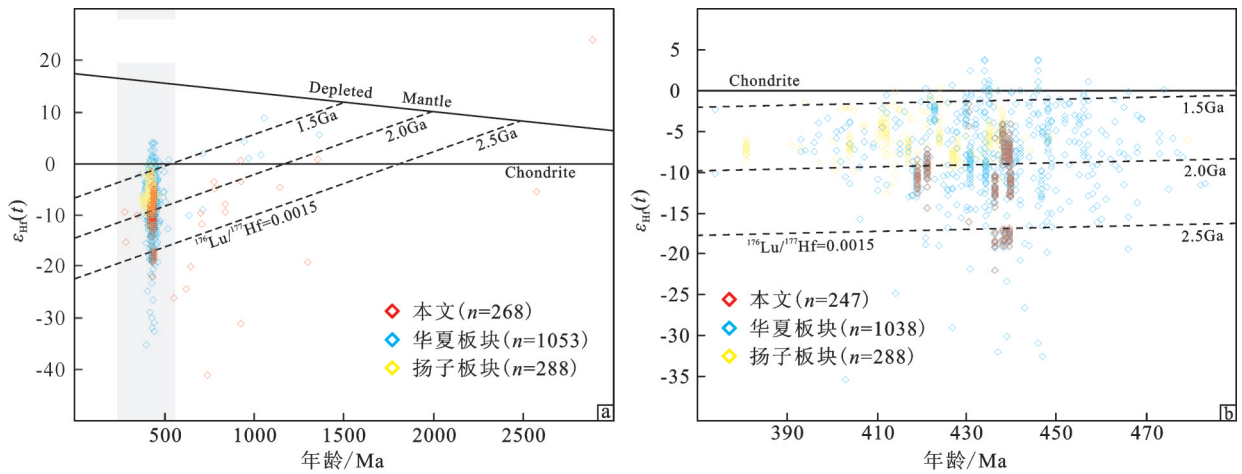


图4 加里东期样品中锆石U-Pb年龄与 $\epsilon_{Hf}(t)$ 图解(数据来源:本文及文献[1-4,6-7,9,15,20,28,31-32,37,54,61,63])
 Fig. 4 Diagram of $\epsilon_{Hf}(t)$ versus U-Pb ages of all zircons from Caledonian samples (data after this paper and references [1-4,6-7,9,15,20,28,31-32,37,54,61,63])

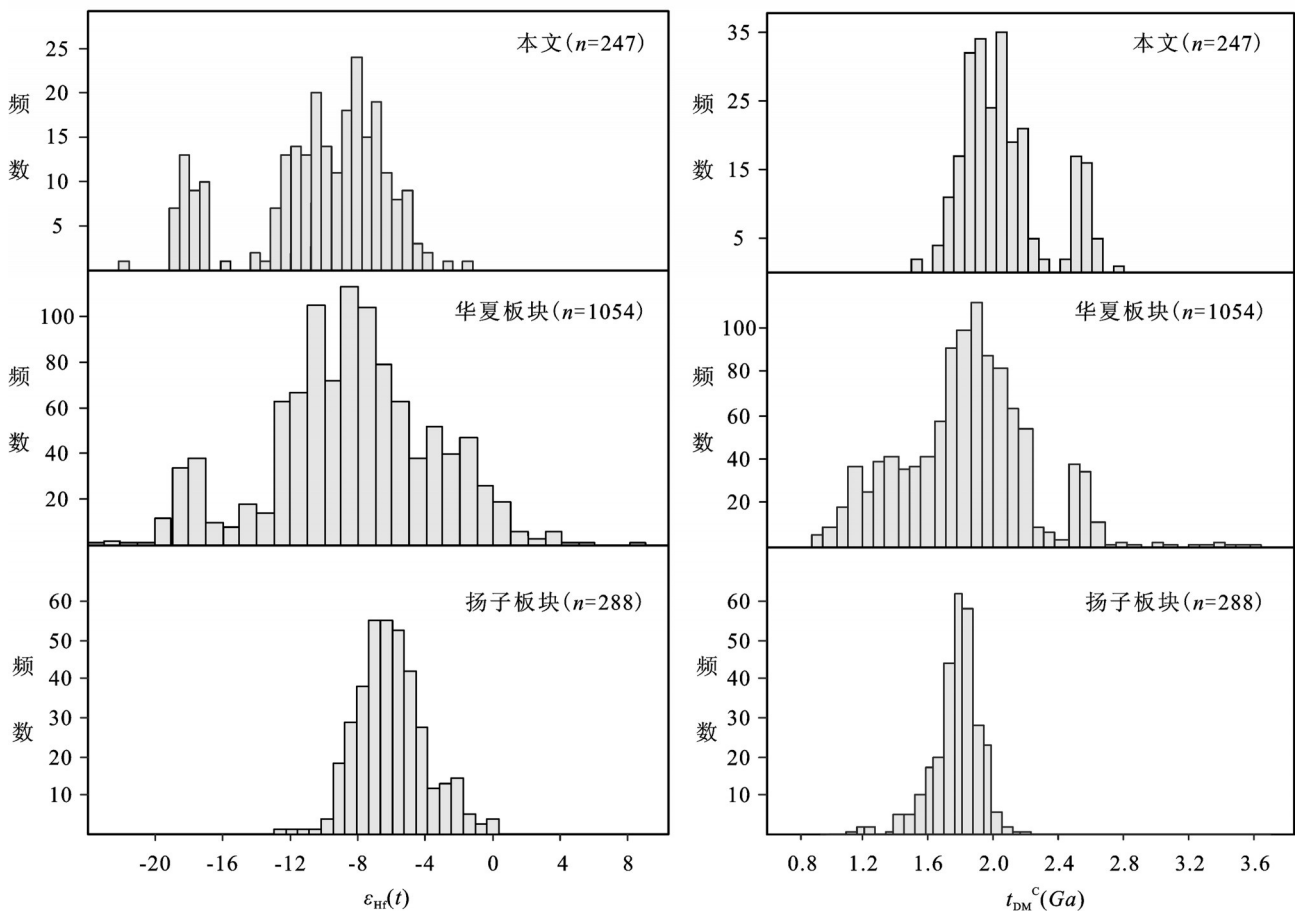


图5 加里东期样品中锆石 $\epsilon_{Hf}(t)$ 和 $t_{DM}^c(Ga)$ 统计直方图(数据来源:本文及参考文献[1-4,6-7,9,15,20,28,31-32,37,54,61,63])
 Fig. 5 Diagrams of $\epsilon_{Hf}(t)$ and $t_{DM}^c(Ga)$ values of Caledonian samples (data after this paper and references [1-4,6-7,9,15,20,28,31-32,37,54,61,63])

(2012SC38-1和WY014-2)中均发育有280~350 Ma 锆石变质增生边,表明海西期构造热事件对加里东期岩体的影响较为明显,但与片麻状构造之间并无必然的联系。且片麻状花岗岩样品中部分继承核与其外部生长环带具相近的加里东期年龄,表明其片麻状构造是同造山或后造山构造变形的结果。

前人将早古生代花岗岩划分为同造山的片麻状花岗岩和后造山的块状花岗岩^[17-18,50]。本文所获得的年龄数据显示片麻状花岗岩的结晶年龄在415~440 Ma,块状花岗岩的结晶年龄在430~449 Ma。结合已报道的加里东期年代学数据,武夷山地区片麻状花岗岩(409~464 Ma)与块状花岗岩(400~461 Ma)之间不存在明显的时代差异^[3,20]。区域性的变质作用、相关的深熔作用与花岗岩侵位之间呈现出紧密的时空关系^[6]。不同意义的年龄均存在460 Ma左右的年龄峰值,可能暗示了加里东期造山活动的启动时间^[5];主要的年龄峰值位于420~450 Ma之间,代表了华夏地块加里东造山事件的主要阶段;基底变质岩系最年轻的冷却年龄峰值在390 Ma左右(图6),代表了加里东期造山事件的结束时间。

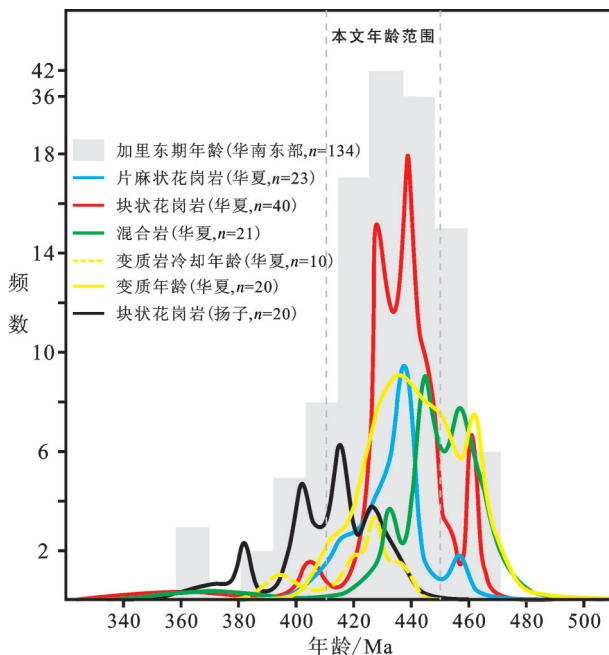


图6 加里东期年代学数据统计图

Fig. 6 Statistics of different chronologic data from Caledonian samples

4.3 构造意义

关于华南加里东期构造热事件的成因机制一直存在广泛争议,主要有俯冲-碰撞造山模式^[23-27]、岩石圈拆沉模式^[15,28]及陆内造山模式^[4-5,11,13,20,29-30]。近来,不同研究者从岩浆活动、构造变质作用和沉积盆地演化等方面对华南加里东期构造热事件进行研究,所获得的一系列证据越来越支持华南加里东期属陆内造山环境的模式。

华夏地块寒武-奥陶系以泥砂质碎屑岩为主体,夹炭质泥岩、灰岩及硅质岩,前人认为其属于深海相沉积环境^[51]。最近,部分研究者^[14,52-54]在其中识别出大量浅海相的沉积标志,早古生代扬子和华夏具有连续的地层古生物演化^[55-56],处于被动大陆边缘浅海-半深海的沉积环境^[14];且早古生代砂岩中的碎屑锆石年龄分布特征相似^[57]。这些均表明加里东期扬子和华夏之间没有大洋相隔^[29]。

此外,华南加里东期花岗岩主要为S型花岗岩,空间上呈面状展布(图1),与碰撞造山呈带状展布的花岗岩带明显不同^[4];区域上缺少作为华南海陆闭合产物的早古生代蛇绿岩带、弧花岗岩和钙碱性岩浆活动^[20],也缺少同期相匹配的火山活动^[58],且华南板块东部加里东期花岗岩(包括本文所报道的花岗岩)中锆石 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 值(主要集中在0~-15之间,图4)显示源岩主要为地壳物质,无明显的幔源物质的加入;Sr-Nd同位素特征($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比为0.7092~0.7294, $\epsilon_{\text{Nd}}(t)=-4.7\sim-11.5$)也表明这些花岗岩可能是由元古宙变泥质岩和变火成岩等陆壳物质深熔形成的^[8,59-60]。上述地质事实均不支持洋陆或弧陆碰撞的观点。因此,笔者认为华南加里东期构造热事件属于陆内造山作用^[4,11],华南东部加里东期花岗岩形成于陆内构造环境下的地壳深熔作用^[3,6,10]。

华夏地块前泥盆纪的岩浆岩^[3,61]、变质岩^[8,62]和沉积岩^[53,57]中存在大量泛非期的碎屑锆石年龄(500~700 Ma)记录。但目前在华夏地区尚未发现明确的泛非期岩浆活动,其泛非期的碎屑物质可能来自与之相连的冈瓦纳大陆^[63]。此外,新元古代的碎屑锆石特征显示华夏地块与东印度板块的前寒武基底具有很强的亲缘性^[62,64],新元古代-泥盆纪的古地磁研究表明华南和澳大利亚曾长期(750~380 Ma)相连^[65],华南与特提斯、高喜马拉雅和羌塘地区前泥盆纪碎屑锆石年龄谱系具有相似性,华夏东南部在早

古生代可能与冈瓦那大陆相连^[63,66]。

早古生代前陆盆地的碎屑物质主要来自东南侧的武夷云开山一带,且华南板块加里东期高级变质作用和混合岩化主要沿东南部的武夷—云开山一带分布^[67-68],表明加里东期造山作用的动力来自于华夏地块的东南侧;Su W B等^[69]对华南早古生代钾质斑脱岩的研究也表明加里东期在华夏地块的东南沿海存在火山活动;此外,从华夏地块向扬子板块内部泥盆系与下伏地层之间的角度不整合逐渐减小至假整合接触^[1,70],加里东期同造山盆地的展布和变质变形作用均呈现自南东向北西迁移的规律^[1,30,70-73],加里东期花岗岩的侵位年龄有自华夏地块向扬子板块逐渐变新的趋势^[1,3,22,32](图6)。因此,华南加里东期陆内造山活动的动力可能来源于南部澳大利亚—印度板块与华夏地块在冈瓦纳大陆拼合中的远程效应^[3,30-32]。

5 结 论

(1) 武夷山—井冈山地区片麻状花岗岩的结晶年龄在415~440 Ma,块状花岗岩的结晶年龄在430~449 Ma。结合已有的年代学数据,两类花岗岩在形成时代上相近。

(2) 两类花岗岩的锆石Hf同位素和二阶段Hf模式年龄 t_{DM}^c 组成相似: $\varepsilon_{Hf}(t)$ 值在-20~0($n=247$),主要集中在-20~-16和-13~-4两个区间;二阶段Hf模式年龄 t_{DM}^c 在1.5~2.8 Ga,主要集中在1.6~2.3 Ga和2.5~2.7 Ga两个区间。锆石Hf同位素表明,加里东期花岗岩主要来自不同时代地壳物质的再循环,没有显著的地幔物质加入。

(3) 华夏地块加里东期构造热事件形成于陆内造山活动,430 Ma左右可能是加里东期造山带构造体制转换的时间,片麻状构造是同造山或后造山构造变形的结果。

参考文献(References):

- [1] Chu Y, Lin W, Faure M, et al. Phanerozoic tectonothermal events of the Xuefengshan Belt, central South China: Implications from U-Pb age and Lu-Hf determinations of granites[J]. *Lithos*, 2012, 150: 243-255.
- [2] Zhao K D, Jiang S Y, Sun T, et al. Zircon U-Pb dating, trace element and Sr-Nd-Hf isotope geochemistry of Paleozoic granites in the Miao'ershan-Yuechengling batholith, South China:

- Implication for petrogenesis and tectonic-magmatic evolution[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2013, 16: 1-20.
- [3] Zhang F F, Wang Y J, Zhang A M, et al. Geochronological and geochemical constraints on the petrogenesis of Middle Paleozoic (Kwangian) massive granites in the eastern South China Block[J]. *Lithos*, 2012, 150: 188-208.
- [4] Wang Y J, Zhang A M, Fan W M, et al. Kwangian crustal anatexis within the eastern South China Block: Geochemical, zircon U-Pb geochronological and Hf isotopic fingerprints from the gneissoid granites of Wugong and Wuyi-Yunkai Domains[J]. *Lithos*, 2011, 127: 239-260.
- [5] Li Z X, Li X H, Wartho J A, et al. Magmatic and metamorphic events during the early Paleozoic Wuyi-Yunkai orogeny, southeastern South China: new age constraints and pressure-temperature conditions[J]. *Geological Society of America Bulletin*, 2010, 122 (5/6): 772-793.
- [6] Liu R, Zhou H W, Zhang L, et al. Zircon U-Pb ages and Hf isotope compositions of the Mayuan migmatite complex, NW Fujian Province, Southeast China: constraints on the timing and nature of a regional tectonothermal event associated with the Caledonian orogeny[J]. *Lithos*, 2010, 119: 163-180.
- [7] 曾雯, 张利, 周汉文, 等. 华夏地块元古代基底的加里东期再造: 锆石U-Pb年龄、Hf同位素和微量元素制约[J]. *科学通报*, 2008, 53(3): 335-344.
Zeng Wen, Zhang Li, Zhou Hanwen, et al. Caledonian reworking of Paleoproterozoic basement in the Cathaysia Block: Constraints from zircon U-Pb dating, Hf isotopes and trace elements[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2008, 53(3): 335-344 (in Chinese with English abstract).
- [8] Wan Y S, Liu D Y, Xu M H, et al. SHRIMP U-Pb zircon geochronology and geochemistry of metavolcanic and metasedimentary rocks in Northwestern Fujian, Cathaysia block, China: Tectonic implications and the need to redefine lithostratigraphic units[J]. *Gondwana Research*, 2007, 12: 166-183.
- [9] Li L M, Sun M, Wang Y J, et al. U-Pb and Hf isotopic study of zircons from migmatized amphibolites in the Cathaysia Block: Implications for the early Paleozoic peak tectonothermal event in Southeastern China[J]. *Gondwana Research*, 2011, 19: 191-201.
- [10] 刘锐, 张利, 周汉文, 等. 闽西北加里东期混合岩及花岗岩的成因: 同变形地壳深熔作用[J]. *岩石学报*, 2008, 24(6): 1205-1222.
Liu Rui, Zhang Zhao, Zhou Hanwen, et al. Petrogenesis of the Caledonian migmatites and related granites in northwestern Fujian Province, south China: syn-deformational crustal anatexis[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2008, 24(6): 1205-1222 (in Chinese with English abstract).
- [11] Xu X B, Zhang Y Q, Shu L S, et al. La-ICP-MS U-Pb and ⁴⁰Ar/

- ³⁹Ar geochronology of the sheared metamorphic rocks in the Wuyishan: Constraints on the timing of Early Paleozoic and Early Mesozoic tectono-thermal events in SE China[J]. *Tectonophysics*, 2011,501:71-86.
- [12] 马文璞, 丘元禧, 何丰盛. 江南隆起带的下古生界缺失带——华南加里东前陆褶皱冲带的标志[J]. *现代地质*, 1995, 9(3): 320-324. Ma Wenpu, Qiu Yuanxi, He Fengsheng. Lower Paleozoic omission zone in Jiangnan uplift—A sign of Caledonian foreland fold thrust belt [J]. *Geoscience*, 1995, 9(3): 320-324 (in Chinese with English abstract).
- [13] Charvet J, Shu L S, Faure M, et al. Structural development of the Lower Paleozoic belt of South China: Genesis of an intracontinental orogen[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2010, 39: 309-330.
- [14] 舒良树, 于津海, 贾东, 等. 华南东段早古生代造山带研究[J]. *地质通报*, 2008, 27(10):1581-1593. Shu Liangshu, Yu Jinghai, Jia Dong, et al. Early Paleozoic orogenic belt in the eastern segment of South China[J]. *Geological Bulletin of China*, 2008, 27(10):1581- 1593 (in Chinese with English abstract).
- [15] Yao W H, Li Z X, Li W X, et al. Post-kinematic lithospheric delamination of the Wuyi - Yunkai orogen in South China: Evidence from ca. 435 Ma high-Mg basalts[J]. *Lithos*, 2012, 154: 115-129.
- [16] 王德滋. 华南花岗岩研究的回顾与展望[J]. *高校地质学报*, 2004, 10(3): 305-314. Wang Dezi. The study of granitic rocks in South China: Looking back and forward [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2004, 10(3): 305-314 (in Chinese with English abstract).
- [17] 张芳荣, 舒良树, 王德滋, 等. 华南东段加里东期花岗岩类形成构造背景探讨[J]. *地学前缘*, 2009, 1(1): 248-260. Zhang Fangrong, Shu Liangshu, Wang Dezi, et al. Discussions on the tectonic setting of Caledonian granitoids in the eastern segment of South China [J]. *Earth Science Frontiers*, 2009, 1(1): 248-260 (in Chinese with English abstract).
- [18] Yang D S, Li X H, Li W X, et al. U-Pb and ⁴⁰Ar-³⁹Ar geochronology of the Baiyunshan gneiss (central Guangdong, south China): constraints on the timing of early Palaeozoic and Mesozoic tectonothermal events in the Wuyun (Wuyi-Yunkai) Orogen[J]. *Cambridge University Press*, 2010, 147(4):481-496.
- [19] 曾勇, 廖群安. 西武夷地区加里东期花岗岩与造山过程[J]. *中国区域地质*, 2000, 19(4): 344-349. Zeng Yong, Liao Qunan. Caledonian granite in the western Wuyi area and inversion of the orogenic process[J]. *Regional Geology of China*, 2000, 19(4): 344-349 (in Chinese with English abstract).
- [20] 张爱梅, 王岳军, 范蔚茗, 等. 闽西南清流地区加里东期花岗岩锆石 U-Pb 年代学及 Hf 同位素组成研究[J]. *大地构造与成矿学*, 2010, 34(3): 408-418. Zhang Aimei, Wang Yuejun, Fan Weiming, et al. LA- ICPMS Zircon U- Pb geochronology and Hf isotopic compositions of Caledonian granites from the Qingliu area, southwest Fujian [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2010, 34(3): 408-418 (in Chinese with English abstract).
- [21] 吴富江, 张芳荣. 华南板块北缘东段武功山加里东期花岗岩特征及成因探讨[J]. *中国地质*, 2003, 3(2): 166-172. Wu Fujiang, Zhang Fangrong. Features and genesis of Caledonian granites in the Wugongshan in the eastern segment of the northern margin of South China plate [J]. *Geology in China*, 2003, 3(2): 166-172 (in Chinese with English abstract).
- [22] 徐先兵, 张岳桥, 舒良树, 等. 闽西南玮埔岩体和赣南葛蒲混合岩锆石 La-ICPMS U-Pb 年代学: 对武夷山加里东运动时代的制约[J]. *地质论评*, 2009, 55(2): 277-285. Xu Xianbing, Zhang Yueqiao, Shu Liangshu, et al. Zircon La- ICPMS U- Pb dating of the Weipu granitic pluton in southwest Fujian and the Changpu migmatite in South Jiangxi: Constrains to the Timing of Caledonian Movement in Wuyi Mountains[J]. *Geological Review*, 2009, 55(2): 277- 285 (in Chinese with English abstract).
- [23] 曾勇, 杨明桂. 赣中碰撞混合带[J]. *中国区域地质*, 1999, 18(1): 17-22. Zeng Yong, Yang Mingguai. Central Jiangnan collision mélange zone[J]. *Regional Geology of China*, 1999, 18(1): 17- 22 (in Chinese with English abstract).
- [24] Guo L Z, Shi Y S, Lu H F, et al. The pre- Devonian tectonic patterns and evolution of South China[J]. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 1989, 3: 87-93.
- [25] 许德如, 陈广浩, 夏斌, 等. 湘东地区板杉铺加里东期埃达克质花岗闪长岩的成因及地质意义[J]. *高校地质学报*, 2006, 12(4): 507-521. Xu Deru, Chen Guanghao, Xia Bin, et al. The Caledonian adakite- like granodiorites in Banshanpu area, eastern Hunan Province, South China: Petrogenesis and geological significance [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2006, 12(4): 507-521 (in Chinese with English abstract).
- [26] 彭松柏, 金振民, 刘云华, 等. 云开造山带强过铝深熔花岗岩地球化学、年代学及构造背景[J]. *地球科学*, 2006, 31(1): 110-120. Peng Songbai, Jin Zhenmin, Liu Yunhua, et al. Petrochemistry, chronology and tectonic setting of strong peraluminous anatectic oanitoids in Yunkai orogenic belt, western Guangdong Province, China [J]. *Journal of Earth Science*, 2006, 31(1): 110- 120 (in Chinese with English abstract).
- [27] 彭松柏, 金振民, 付建明, 等. 两广云开隆起区基性侵入岩的地球

- 化学特征及其构造意义[J]. 地质通报, 2006, 25(4):434-441.
- Peng Songbai, Jin Zhenmin, Fu Jianming, et al. Geochemical characteristics of basic intrusive rocks in the Yunkai uplift, Guangdong-Guangxi, China, and their tectonic significance [J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25(4):434-441 (in Chinese with English abstract).
- [28] Wang Y J, Zhang A M, Fan W M, et al. Origin of paleosubduction-modified mantle for Silurian gabbro in the Cathaysia Block: Geochronological and geochemical evidence[J]. Lithos, 2013, 160-161:37-54.
- [29] 郝义, 李三忠, 金宠, 等. 湘赣桂地区加里东期构造变形特征及成因分析[J]. 大地构造与成矿学, 2010, 3(2):166-180.
- Hao Yi, Li Sanzhong, Jin Chong, et al. Caledonian sStructural characteristics and mechanism in Hunan- Jiangxi- Guangxi Provinces [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2010, 3(2):166-180 (in Chinese with English abstract).
- [30] 杜远生, 徐亚军. 华南加里东运动初探[J]. 地质科技情报, 2012, 3(5):43-49.
- Du Yuansheng, Xu Yanjun. A preliminary study on Caledonian event in South China [J]. Geological Science and Technology Information, 2012, 3(5):43-49 (in Chinese with English abstract).
- [31] Wang Y J, Fan W M, Zhao G C, et al. Zircon U- Pb geochronology of gneissic rocks in the Yunkai massif and its implications on the Caledonian event in the South China Block[J]. Gondwana Research, 2007,12:404-416.
- [32] Wang Y J, Wu C M, Zhang A M, et al. Kwanghsian and Indosinian reworking of the eastern South China Block: Constraints on zircon U- Pb geochronology and metamorphism of amphibolites and granulites[J]. Lithos,2012,150:227-242.
- [33] 王磊, 龙文国, 周岱. 云开地区加里东期花岗岩锆石U-Pb年龄及其地质意义[J]. 中国地质, 2013, 40(4): 1016-1029.
- Wang Lei, Long Wenguo, Zhou Dai. Zircon LA-ICP-MS U-Pb age of Caledonian granites from Precambrian basement in Yunkai area and its geological implications[J]. Geology in China, 2013, 40 (4): 1016-1029 (in Chinese with English abstract).
- [34] 李献华. 万洋山—诸广山加里东期花岗岩的物质来源: Sr-Nd-Pb-O多元同位素体系示踪[J]. 中国科学(B辑), 1991, 5:533-540.
- Li Xianhua. The material source of Caledonian granite in Wanyangshan-Zhuguangshan: Sr-Nd-Pb-O isotope tracer [J]. Science in China (Series B), 1991, 5:533-540 (in Chinese with English abstract).
- [35] 楼法生, 沈渭洲, 王德滋, 等. 江西武功山穹窿复式花岗岩的锆石U-Pb年代学研究[J]. 地质学报, 2005, 79(5):636-644.
- Lou Fasheng, Shen Weizhou, Wang Dezi, et al. Zircon U- Pb isotopic chronology of the Wugongshan dome compound granite in Jiangxi Province [J]. Acta Geologica Sinica, 2005, 79(5):636-644 (in Chinese with English abstract).
- [36] 伍光英, 马铁球, 冯艳芳, 等. 南岭万洋山加里东期花岗岩地质地球化学特征及其成因[J]. 中国地质, 2008, 35(4): 608-617.
- Wu Guangying, Ma Tieqiu, Feng Yanfang, et al. Geological and geochemical characteristics and genesis of the Caledonian Wanyangshan granite in the Nanling Mountains, South China[J]. Geology in China, 2008, 35(4): 608-617(in Chinese with English abstract).
- [37] 程顺波, 付建明, 马丽艳, 等. 桂东北越城岭—苗儿山地区印支期成矿作用: 油麻岭和界牌矿区成矿花岗岩锆石U-Pb年龄和Hf同位素制约[J]. 中国地质, 2013, 40(4): 1189-1201.
- Cheng Shunbo, Fu Jianming, Ma Liyan, et al. Indosinian metallogenic activity in Yuechengling- Miaoershan area, northeastern Guangxi: Implications from zircon U- Pb ages and Hf isotopic constraint on ore-forming granites in Youmaling and Jiepai deposits[J]. Geology in China, 2013, 40(4): 1189-1201(in Chinese with English abstract).
- [38] 李怀坤, 耿建珍, 郝爽, 等. 用激光烧蚀多接收器等离子体质谱仪(LA-MC-ICPMS)测定锆石U-Pb同位素年龄的研究[J]. 矿物岩石, 2009(增刊):600-601.
- Li Huaikun, Geng Jianzhen, Hao Shuang, et al. Zircon U- Pb isotope analysis by means of LA-MC- ICP- MS[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2009(supp.): 600- 601 (in Chinese with English abstract).
- [39] Liu Y S, Hu Z C, Zong K Q, et al. Reappraisal and refinement of zircon U-Pb isotope and trace element analyses by LA-ICP-MS[J]. Chinese Science Bulletin, 2010, 1535-1546.
- [40] Andersen T. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report ^{204}Pb [J]. Chemical Geology, 2002, 192:59-79.
- [41] Ludwig K R. ISOPLLOT 3.00: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel [J]. Berkeley.Berkeley Geochronology Center, 2003, California.
- [42] 彭戈, 延峻, 初晓强, 等. 贵池岩体的锆石定年和地球化学: 岩石成因和深部过程[J]. 岩石学报, 2012, 28(10):3271-3286.
- Peng Ge, Yan Jun, Chu Xiaoqiang, et al. Zircon U-Pb dating and geochemistry of Guichi intrusive rocks: Petrogenesis and deep dynamic processes [J]. Acta Peterologica Sinica, 2012, 28(10): 3271-3286 (in Chinese with English abstract).
- [43] 耿建珍, 李怀坤, 张健, 等. 锆石Hf同位素组成的LA-MC-ICP-MS测定[J]. 地质通报, 2011, 30(10):1508-1513.
- Geng Jianzhen, Li Huaikun, Zhang Jian, et al. Zircon Hf isotope analysis by means of LA-MC- ICP- MS[J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(10): 1508- 1513 (in Chinese with English abstract).
- [44] Morel M L A, Nebel O, Nebel- Jacobsen Y J, et al. Hafnium

- isotope characterization of the GJ-1 zircon reference material by solution and laserablation MC-ICPMS[J]. *Chemical Geology*, 2008,255:231-235.
- [45] Woodhead J D, Hergt J M. A preliminary appraisal of seven natural zircon reference materials for in situ Hf isotope determination[J]. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 2005, 29: 183-195.
- [46] Wan Y S, Liu D Y, Wilde S A, et al. Evolution of the Yunkai Terrane, South China: Evidence from SHRIMP zircon U-Pb dating, geochemistry and Nd isotope [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2010, 37: 140-153.
- [47] Chen C H, Liu Y H, Lee C Y, et al. Geochronology of granulite, charnockite and gneiss in the poly-metamorphosed Gaozhou Complex (Yunkai massif), South China: Emphasis on the in-situ EMP monazite dating[J]. *Lithos*, 2012, 144-145: 109-129.
- [48] Faure M, Shu L S, Wang B, et al. Intracontinental subduction: a possible mechanism for the Early Palaeozoic Orogen of SE China[J]. *Terra Nova*, 2009, 21: 360-368.
- [49] Yu X Q, Wu G G, Zhao X X, et al. New geochronological data from the Paleozoic and Mesozoic nappe structures, igneous rocks, and molybdenite in the North Wuyi area, Southeast China[J]. *Gondwana Research*, 2012, 22: 519-533.
- [50] 黄标, 徐克勤, 孙志明, 等. 武夷山中段加里东早期交代改造型花岗岩类的特点及形成的碰撞造山环境[J]. *岩石学报*, 1993, 9(3): 388-400.
- Huang Biao, Xu Keqin, Sun Zhiming, et al. Features and collisional mountain building environment of metasomatic transformation type granitic rocks in middle Wuyi mountains [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 1993, 9(3): 388-400 (in Chinese with English abstract).
- [51] 陈洪德, 侯明才, 许效松, 等. 加里东期华南盆地构造演化与层序格架[J]. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 2006, 33(1): 1-8.
- Chen Hongde, Hou Mingcai, Xu Xiaosong, et al. Tectonic evolution and sequence stratigraphic framework in South China during Caledonian[J]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 2006, 33(1): 1-8 (in Chinese with English abstract).
- [52] 李聪, 陈世悦, 张鹏飞, 等. 华南加里东期陆内构造属性探讨[J]. *中国石油大学学报(自然科学版)*, 2010, 34(5): 18-24.
- Li Cong, Chen Shiyue, Zhang Pengfei, et al. Research of South China Caledonian intracontinental tectonic attribute [J]. *Journal of China University of Petroleum*, 2010, 34(5): 18-24 (in Chinese with English abstract).
- [53] 向磊, 舒良树. 华南东段前泥盆纪构造演化: 来自碎屑锆石的证据[J]. *中国科学(D辑)*, 2010, 40(10): 1377-1388.
- Xiang Lei, Shu Liangshu. Pre-Devonian tectonic evolution of the eastern South China Block: Geochronological evidence from detrital zircons[J]. *Science in China(Series D)*, 2010, 40(10): 1377-1388 (in Chinese).
- [54] Wang Y J, Zhang F F, Fan W M, et al. Tectonic setting of the South China Block in the early Paleozoic: Resolving intracontinental and ocean closure models from detrital zircon U-Pb geochronology[J]. 2010, *Tectonics*, 29, TC6020.
- [55] 陈旭, 张元动, 樊隽轩, 等. 赣南奥陶纪笔石地层序列与广西运动[J]. *中国科学(D辑)*, 2010, 40: 1621-1631.
- Chen Xu, Zhang Yuandong, Fan Junxuan, et al. Ordovician graptolite-bearing strata in southern Jiangxi with a special reference to the Kwangsian Orogeny[J]. *Science in China(Series D)*, 2010, 40: 1621-1631 (in Chinese).
- [56] 戎嘉余, 詹仁斌, 许红根, 等. 华夏古陆于奥陶-志留纪之交的扩展证据和机制探索[J]. *中国科学(D辑)*, 2010, 40: 1-17.
- Rong Jiayu, Zhan Renbin, Xu Honggen, et al. Expansion of the Cathaysian Oldland through the Ordovician-Silurian transition: Emerging evidence and possible dynamics [J]. *Science in China (Series D)*, 2010, 40: 1-17 (in Chinese).
- [57] Xu Y J, Du Y S, Peter A C, et al. Detrital zircon provenance of Upper Ordovician and Silurian strata in the northeastern Yangtze Block: Response to orogenesis in South China[J]. *Sedimentary Geology*, 2012, 267-268: 63-72.
- [58] 周新民. 对华南花岗岩研究的若干思考[J]. *高校地质学报*, 2003, 9(4): 556-565.
- Zhou Xinmin. My Thinking about Granite Geneses of South China[J]. *Geological Journal of China Universities*, 2003, 9(4): 556-565 (in Chinese with English abstract).
- [59] 舒良树. 华南构造演化的基本特征[J]. *地质通报*, 2012, 31: 1035-1053.
- Shu Liangshu. An analysis of principal features of tectonic evolution in South China Block [J]. *Geological Bulletin of China*, 2012, 31(7): 1035-1053 (in Chinese with English abstract).
- [60] Wang Y J, Fan W M, Zhang G W, et al. Phanerozoic tectonics of the South China Block: Key observations and controversies[J]. *Gondwana Research*, 2013, 23: 1273-1305.
- [61] Wang Y J, Zhang A M, Fan W M, et al. Kwangsiian crustal anatexis within the eastern South China Block: Geochemical, zircon U-Pb geochronological and Hf isotopic fingerprints from the gneissoid granites of Wugong and Wuyi-Yunkai Domains[J]. *Lithos*, 2011, 127: 239-260.
- [62] 于津海, 魏震洋, 王丽娟等. 华夏地块: 一个由古老物质组成的年轻陆块[J]. *高校地质学报*, 2006, 12(4): 440-447.
- Yu Jinhai, Wei Zhenyang, Wang Lijuan, et al. Cathaysia block: A young continent composed of ancient materials [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2006, 12(4): 440-447 (in Chinese

- with English abstract).
- [63] Li X H, Li Z X, Li W X. Detrital zircon U-Pb age and Hf isotope constrains on the generation and reworking of Precambrian continental crust in the Cathaysia Block, South China: A synthesis[J]. *Gondwana Research*, 2014, 25: 1202-1215.
- [64] Yu J H, O'Reilly S Y, Wanf L, et al. Where was South China in the Rodinia supercontinent? Evidence from U-Pb geochronology and Hf isotopes of detrital zircons [J]. *Precambrian Research*, 2008, 164:1-15.
- [65] Yang Z Y, Sun Z M, Yang T S, et al. A long connection (750-380 Ma) between South China and Australia: paleomagnetic constraints[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2004, 220, 423-434.
- [66] Yu X Q, Wu G G, Zhao X X, et al. New geochronological data from the Paleozoic and Mesozoic nappe structures, igneous rocks, and molybdenite in the North Wuyi area, Southeast China[J]. *Gondwana Research*, 2012, 22: 519-533.
- [67] 黄标, 孙志明, 武少兴, 等. 武夷山中段加里东期混合岩的特征及成因讨论[J]. *岩石学报*, 1994,10(4):427-439.
Huang Biao, Sun Zhiming, Wu Shaoxing, et al. Studies on genesis and characters of Caledonian migmatites in middle Wuyi mountains [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 1994,10(4):427-439 (in Chinese with English abstract).
- [68] 陈正宏, 李寄岷, 谢佩珊, 等. 利用EMP独居石定年法探讨浙闽武夷山地区变质基底岩石与花岗岩的年龄[J]. *高校地质学报*, 2008,14(1):1-15.
Chen Zhenghong, Li Jiyu, Xie Shanshan, et al. Approaching the age problem for some metamorphosed Precambrian basement rocks and Phanerozoic granitic bodies in the Wuyishan area: The application of EMP monazite age dating[J]. *Geological Journal of China Universities*, 2008,14(1):1-15 (in Chinese with English abstract).
- [69] Su W B, Huff W D, Ettensohn F R, et al. K-bentonite, black-shale and flysch successions at the Ordovician-Silurian transition, South China: Possible sedimentary responses to the accretion of Cathaysia to the Yangtze Block and its implications for the evolution of Gondwana[J]. *Gondwana Research*, 2009, 15: 111-130.
- [70] 陈世悦, 李聪, 张鹏飞, 等. 江南-雪峰地区加里东期和印支期不整合分布规律[J]. *中国地质*, 2011, 38(5): 1212-1219.
Chen Shiyue, Li Cong, Zhang Pengfei, et al. The unconformable distribution of Caledonian and Indosinian strata in Jiangnan-Xuefeng area[J]. *Geology in China*, 2011, 38(5): 1212-1219(in Chinese with English abstract).
- [71] 余心起, 张达, 汪隆武, 等. 浙皖赣相邻区加里东期构造变形特征[J]. *地质通报*, 2006, 25(6): 676-684.
Yu Xinqi, Zhang Da, Wang Longwu, et al. Features of Caledonian tectonic deformation in the Zhejiang-Anhui-Jiangxi border region, China [J]. *Geological Bulletin of China*, 2006, 25(6): 676-684 (in Chinese with English abstract).
- [72] 徐先兵, 汤帅, 李源, 等. 江南造山带东段新元古代至早中生代多期造山作用特征[J]. *中国地质*, 2015, 42(1):33-50.
Xu Xianbing, Tang Shuai, Li Yuan, et al. Characteristics of Neoproterozoic-Early Mesozoic multiphase orogenic activities of eastern Jiangnan Orogen [J]. *Geology in China*, 2015, 42(1): 33-50 (in Chinese with English abstract).
- [73] 柏道远, 熊雄, 杨俊, 等. 雪峰造山带中段地质构造特征[J]. *中国地质*, 2014, 41(2): 399-418.
Bai Daoyuan, Xiong Xiong, Yang Jun, et al. Geological structure characteristics of the middle segment of the Xuefeng orogen[J]. *Geology in China*, 2014, 41(2): 399-418(in Chinese with English abstract).