

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

江西武功山穹隆复式花岗岩的锆石 U-Pb 年代学研究

楼法生^{1,2)}, 沈渭洲¹⁾, 王德滋¹⁾, 舒良树¹⁾, 吴富江²⁾, 张芳荣²⁾, 于津海¹⁾

1) 南京大学地球科学系, 210093; 2) 江西省地质调查研究院, 南昌, 330201

内容提要: 采用锆石 U-Pb 法对武功山穹隆复式花岗岩中广泛分布的花岗质岩石开展精细定年研究, 结果表明: 山庄、张佳坊和武功山岩体的锆石 U-Pb 年龄分别为 460.5 ± 1.5 Ma、 427.9 ± 1.2 Ma 和 $428.0 \pm 1.0 \sim 462.3 \pm 2.3$ Ma, 属早古生代晚期花岗岩; 而雅山、温汤和明月山等岩体的锆石 U-Pb 年龄分别为 161.0 ± 1.0 Ma、 143.8 ± 1.6 Ma 和 126.3 ± 6.4 Ma, 属晚侏罗世—早白垩世花岗岩。因此认为武功山穹隆复式花岗岩中花岗岩分属早古生代晚期及晚侏罗世—早白垩世岩浆活动产物。从一个侧面说明华南地区大地构造演化过程中可能存在早古生代晚期构造—岩浆作用事件及晚侏罗世—早白垩世构造—岩浆作用事件, 为华南大地构造演化研究提供了新的依据。结合前人在武功山地区花岗质片麻岩中白云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法定年 ($225 \sim 233$ Ma) 资料, 说明本区韧性变形形成于晚三叠世, 可能意味着武功山伸展构造的启动时间, 而晚侏罗世—早白垩世花岗岩浆的形成及向上运移, 使周围的岩石软化乃至部分熔融, 使得围岩环境更有利于伸展构造发展, 并在早白垩世最终形成武功山花岗岩穹隆伸展构造。

关键词: 锆石 U-Pb 定年; 花岗岩穹隆; 伸展构造; 武功山

对华南大地构造演化历史及岩浆活动成因, 国内外地质工作者从不同角度作了大量的研究(徐备, 1990; 舒良树等, 1995, 1997; 郭令智等, 1996; 白立新等, 1996; Li, 1998; Faure et al., 1998; Lin et al., 2000, 2001; Chen, 2001), 并提出了许多有关华南大地构造演化及岩浆活动成因的假说。但所得出的结论还是众说纷纭, 特别是在其构造演化时代上更是如此。有的学者认为是新元古代碰撞造山带(舒良树等, 1995)或多期碰撞造山带(徐备, 1990), 也有认为是早古生代晚期的造山作用(白立新等, 1996); 与大地构造演化研究相对应, 对华南地区岩浆活动及其成因的研究同样做了很多工作, 特别是对新元古代及中生代岩浆活动及成因研究更为深入(廖群安等, 1999; 王德滋等, 1999; Wang et al., 2003; 周新民, 2003), 但对早古生代岩浆活动及成因的研究相对较少。因此, 加强对华南地区早古生代岩浆活动及成因的研究, 无疑对正确认识华南大地构造演化历史具有重要的意义。武功山地区位于华夏地块与扬子地块碰撞缝合带南侧, 该区花岗岩类岩石分布广泛, 主要包括花岗闪长岩、似斑状花岗岩、片麻状花岗岩、花岗质眼球状片麻岩和黑云母花岗岩等, 另有

部分二云母花岗岩或白云母花岗岩出露。前人的部分年代学工作主要集中在前一类花岗岩类岩石, 其中山庄花岗闪长岩的全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 411 Ma(汤加富等, 1991); 其余花岗岩类多为 K-Ar 法和 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法测定结果, 年龄值变化于 $131.7 \sim 233.5$ Ma 之间(江西省地质矿产局, 1984; Faure et al., 1996)。根据这些年龄资料, 认为武功山地区山庄花岗闪长岩属早古生代晚期, 其余似斑状花岗岩、片麻状花岗岩、花岗质眼球状片麻岩和黑云母花岗岩等属晚三叠世—早白垩世。鉴于本区经历多期强烈的构造—岩浆活动, 岩石变质变形程度较强(江西省地质矿产局, 1984), 这些构造—岩浆热事件必然会对花岗岩类的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 和 K-Ar 同位素年龄产生明显的影响。换句话说, 在经历多期强烈构造—岩浆活动的地区, 岩体的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 和 K-Ar 年龄很难代表其真实的形成时代。而获取高精度的花岗岩年龄资料, 对于深入研究本区各时代花岗岩的形成及构造演化是非常必要的。为此, 本文采用高精度锆石 U-Pb 定年方法对武功山山庄、张佳坊、武功山和温汤、雅山、明月山等岩体重新进行了详细的年代学研究, 并在此基础上对华南大地构造演化及武功山花

注: 本文为国家自然科学基金重点项目(编号 40132010)和面上项目(编号 40172067, 40173001)联合资助成果。

收稿日期: 2004-07-28; 改回日期: 2005-02-24; 责任编辑: 刘淑春。

作者简介: 楼法生, 1965年生, 教授级高级工程师。南京大学岩石学专业在读博士生。通讯地址: 330201, 江西省南昌县向塘镇, 江西省地质调查研究院; 电话: 13970099561; Email: loufas@163.com。

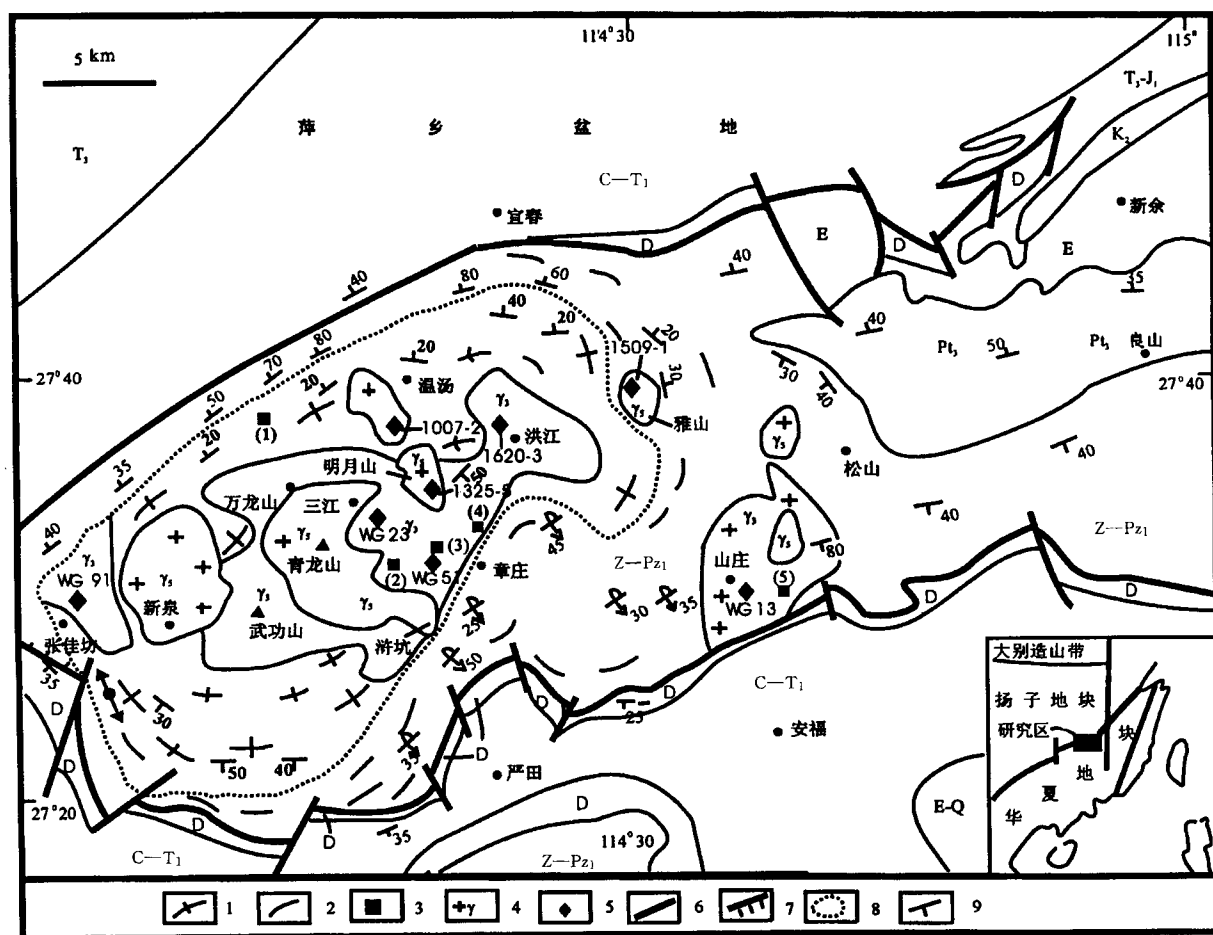


图1 江西武功山地区地质简图(据舒良树等,1998,修改)

Fig.1 Simplified geological map of the Wugongshan area, Jiangxi Province (modified after Shu Liangshu et al., 1998)

Q—第四系;E—古近系;K₂—上白垩统红层;T₃-J₁—上三叠统—下侏罗统碎屑岩;C—T₁—石炭系—下三叠统沉积岩;D—上泥盆统石英砂岩和石英岩;Z—Pz₁—变质变形的震旦系—下古生界地层;Pt₃—上元古界神山群变质岩;Y₅—晚侏罗世—早白垩世花岗岩类;Y₃—早古生代晚期花岗岩类;1—片麻岩;2—板岩、千枚岩;3—已有同位素年龄点:(1)225.6±2.9 Ma(白云母⁴⁰Ar-³⁹Ar年龄);(2):145 Ma(黑云母K-Ar年龄);(3):131.7±1.7 Ma(黑云母⁴⁰Ar-³⁹Ar年龄);(4):233.5±5.0 Ma(白云母⁴⁰Ar-³⁹Ar年龄);(5):411.0 Ma(全岩Rb-Sr等时线年龄);4—花岗岩;5—锆石 U-Pb 同位素采样位置;6—大型拆离断层;7—正断层;8—变质核杂岩边界;9—面理产状

Q—Quaternary; E—Paleogene; K₂—Upper Cretaceous red bed; T₃-J₁—Upper Triassic—Lower Jurassic clastic rocks; C—T₁—Carboniferous to Lower Triassic sedimentary rocks; D—Upper Devonian quartzite and quartz sandstone; Z—Pz₁—metamorphic and deformed Sinian—Lower Paleozoic rocks; Pt₃—slate, phyllite and schist of Shenshan Group, Upper Proterozoic; Y₅—Yanshanian granitoids; Y₃—Caledonian granitoids; 1—gneiss; 2—slate and phyllite; 3—radiometric dating points: (1):225.6±2.9 Ma(⁴⁰Ar/³⁹Ar on muscovite); (2):145 Ma(K-Ar on biotite); (3):131.7±1.7 Ma(⁴⁰Ar/³⁹Ar on biotite); (4):233.5±5.0 Ma(⁴⁰Ar/³⁹Ar on muscovite); (5):411.0 Ma(Rb-Sr on whole rock); 4—granite; 5—zircon U-Pb isotopic sampling points; 6—large detachment ductile fault; 7—normal fault; 8—the edge of metamorphic core complex; 9—strike-slip of foliation

岗岩穹隆伸展构造的形成和构造—岩浆演化特征进行了探讨。

1 地质概况及样品特征

武功山位于华夏地块与扬子地块碰撞缝合带南侧(Shu et al., 1996; 陆松年, 1998)和华南加里东褶皱带中段北缘(汤加富等, 1991)(图1)。花岗岩穹隆

伸展构造的构造轴部主要为武功山、张佳坊等花岗岩体占据, 边缘部分主要为变质变形明显的片麻状花岗岩、糜棱岩化花岗片麻岩等。武功山地区研究程度较高, 早期的研究普遍认为该区发育典型的混合岩田(江西省地质矿产局, 1984; 汤加富等, 1991)。近年来的研究表明, 武功山地区发育一个典型中生代变质核杂岩构造(Faure et al., 1996; 孙岩等, 1997;

舒良树等,1998,2000),并对其地球化学特征进行了较为详细的讨论(Wang et al.,2001;楼法生等,2002)。

研究区加里东期花岗岩体主要有山庄花岗闪长岩体,武功山似斑状花岗岩、片麻状花岗岩体及张佳坊黑云母花岗岩体等,岩体整体呈近东西向展布,平面上呈不规则状或近椭圆状(图1)。其中山庄岩体分布于研究区东部山庄地区,该岩体侵入于震旦系、寒武系变质地层中,并被上泥盆统砂岩不整合覆盖。岩体中含丰富的闪长岩包体,包体直径一般在50~180 cm 之间,主要出露于岩体南东边缘部位,闪长岩包体主要由斜长石和普通角闪石组成,同时山庄岩体又被燕山期白云母花岗岩所侵入。武功山岩体出露于武功山变质核杂岩体核部,该岩体侵入于寒武系温汤岩组变质岩及震旦系、寒武系变质地层中,并被新泉、青龙山—浒坑、明月山等燕山期岩体所侵入;岩体中含有大量的围岩捕虏体、暗色包体等,它们均呈大小不等的扁豆状、透镜状、条带状平行展布,定向排列十分明显,其长短轴之比一般在4~6之间,有的达10以上,显示出强烈变形的特点,岩石中眼球状构造、片麻状构造发育,岩石普遍具糜棱岩化,面理、线理十分普遍。张佳坊岩体位于变质核杂岩体西侧张佳坊一带,岩体侵入于震旦系、寒武系变质地层中,岩石中发育面理化及弱糜棱岩化。

燕山期花岗岩为研究区最晚一期岩浆活动的产物,一般呈岩瘤状产出,平面上多呈椭圆状、不规则状,主要侵位于变质核杂岩体中,其时空分布与变质核杂岩的形成关系密切,同时也是本区钨、铌、钽矿化的主要岩体。研究区的燕山期花岗岩包括新泉岩体、青龙山(三江)—浒坑岩体、雅山岩体、温汤岩体、明月山岩体等。

样品分别采自武功山地区山庄岩体(WG-13)、张佳坊岩体(WG-91)、武功山岩体核部(WG-23)及边缘(WG-51和1620-3)、雅山岩体(1509-1)、温汤岩体(1007-2)和明月山岩体(1325-5)(图1)。

山庄花岗闪长岩(WG-13)呈似斑状、眼球状结构,斑晶(35%)成分主要为中长石($An=30\sim34$)、黑云母、石英及普通角闪石等;基质(65%)主要矿物组成为奥长石($An=15\sim20$)+石英+微斜长石+白云母+黑云母等;副矿物主要有锆石、金红石、榍石及磁铁矿等。

武功山花岗岩体核部为似斑状花岗岩带(WG-23),斑晶粗大,以微斜长石为主,少量为石英、钠长石;基质呈中粒结构,主要组成矿物有微斜长石、石

英、白云母、黑云母和少量钠长石、夕线石等;副矿物主要有黄铁矿、锆石、独居石、榍石、电气石及磷灰石等。边缘为片麻状花岗岩和花岗质眼球状片麻岩带(WG-51和1620-3),出露宽度2~5 km。野外查明,边缘带中近南北走向的糜棱面理和拉伸线理非常发育,韧性剪切作用和运动学标志十分明显;石英斑晶和基质均强烈变形,形成拉长压扁颗粒、波状消光、核幔构造、动力重结晶亚颗粒等各种韧性显微构造。

张佳坊黑云母花岗岩体(WG-91)为中细粒花岗岩结构,主要矿物组成为石英、钾长石、斜长石和黑云母等;副矿物主要有锆石、磷灰石等。

温汤二云母二长花岗岩体(1007-2)为似斑状花岗岩结构,斑晶含量较少,以钾长石为主;基质为中粒花岗岩结构,主要有石英、钾长石、斜长石、黑云母和白云母等;副矿物有磁铁矿、锆石、磷灰石、黄铁矿等。

明月山黑云二长花岗岩(1325-5)为中粗粒似斑状结构,斑晶以钾长石为主;基质主要为钾长石、斜长石、石英及黑云母等;副矿物有锆石、磷灰石、黄铁矿等。

雅山黑云花岗闪长岩(1509-1)呈灰白色细粒花岗岩结构,主要组成矿物为斜长石($An=42\sim44$)、石英、黑云母等;副矿物主要有磁铁矿、锆石、磷灰石、黄铁矿等。

2 样品分析方法

新鲜全岩样品经破碎、淘洗、磁选和重液选,分离出锆石,然后在双目镜下挑选出晶形好、无裂隙的结晶锆石进行年代学研究。样品由天津地质矿产研究所同位素实验室李惠民等分析;铀、铅含量采用 ^{205}Pb - ^{235}U 混合同位素稀释法测定;同位素比值测定采用VG-354质谱计;全流程本底Pb为0.050 ng, U为0.002 ng。分析结果列于表1,谐和图示于图2。

3 岩体形成时代

在锆石 U-Pb 年代学研究中,由于 ^{238}U 和 ^{235}U 在丰度和半衰期方面存在差异,锆石中积累的放射成因 ^{207}Pb 的丰度比 ^{206}Pb 的丰度约低20倍,使前者的测量精度较差,导致 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄值往往不能反映岩体形成的真实年龄。因此,对于放射成因组分积累较少的年轻锆石来说, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄比 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄更能反映锆石的结晶时间(Compton et al.,1992)。因此,在下面的讨论中,我们主要以 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄来确定岩体的形

表 1 武功山花岗岩类锆石 U-Pb 同位素分析结果

Table 1 Zircon U-Pb isotopic compositions of the Wugongshan granitoids

岩体 及 样号	序 号	锆石 特征	重量 (μg)	U ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)	样品中 普通铅 重量 (ng)	同位素原子比值					表面年龄 (Ma)		
							$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$
山庄 WG-13	1	浅黄色透明 长柱状	20	893	69	0.058	830	0.11390	0.07090 (2)	0.5480 (14)	0.05600 (14)	442.0	444.0	452.0
	2	浅黄色透明 长柱状	15	1039	77	0.010	3910	0.08342	0.07400 (2)	0.5730 (11)	0.05620 (10)	460.5	460.0	459.0
张佳坊 WG-91	3	浅黄色透明 长柱状	20	1242	88	0.043	1793	0.09812	0.06870 (2)	0.5270 (9)	0.05560 (9)	428.0	430.0	437.0
	4	浅黄色透明 中长柱状	15	394	39	0.093	158	0.09067	0.06860 (6)	0.4930 (49)	0.05220 (49)	427.0	407.0	293.0
	5	浅黄色透明 细长柱状	10	994	67	0.014	1423	0.10960	0.06460 (3)	0.4950 (10)	0.05550 (20)	404.0	408.0	432.0
武功山 WG-23	6	浅黄色透明 长柱状	15	1334	88	0.009	4967	0.04570	0.06860 (2)	0.5230 (9)	0.05530 (9)	428.0	427.0	425.0
	7	浅黄色透明 中长柱状	10	698	131	0.340	54	0.10950	0.06860 (5)	0.5260 (55)	0.05570 (55)	428.0	429.0	439.0
	8	无色透明 细长柱状	20	510	37	0.022	1002	0.14620	0.06560 (3)	0.5040 (18)	0.05580 (19)	409.0	414.0	443.0
武功山 WG-51	9	浅黄色透明 细长柱状	20	719	51	0.002	33195	0.07558	0.07350 (4)	0.5670 (14)	0.05600 (13)	456.9	456.0	454.0
	10	无色透明 细长柱状	15	186	13	0.002	3093	0.10870	0.06830 (14)	0.5370 (59)	0.05700 (58)	426.0	437.0	493.0
	11	无色透明 细长柱状	15	514	36	0.009	1773	0.09181	0.06770 (4)	0.5040 (24)	0.05390 (24)	423.0	414.0	368.0
武功山 1620-3	12	深棕色半透 明双锥状	10	1332	93	0.011	3192	0.01771	0.07435 (38)	0.5764 (242)	0.05623 (221)	462.3	462.1	461.3
	13	浅黄色透明 双锥状	10	1636	108	0.051	781	0.04412	0.06405 (32)	0.4930 (123)	0.05582 (130)	400.2	407.0	445.4
	14	浅黄色透明 长柱状	10	665	48	0.013	1388	0.06565	0.07104 (43)	0.5507 (371)	0.05622 (356)	442.4	445.4	461.1
雅山 1509-1	15	黄色透明 长柱状	12	1580	44	0.076	419	0.03544	0.02530 (37)	0.1718 (40)	0.04924 (80)	161.0	160.9	159.4
	16	黄色透明 粗长柱状	20	1036	25	0.021	1602	0.03271	0.02529 (18)	0.1710 (18)	0.04905 (37)	161.0	160.3	150.3
	17	浅黄色透明 细长柱状	18	969	26	0.018	1674	0.06499	0.02671 (21)	0.1971 (23)	0.05352 (42)	169.9	182.7	350.9
温汤 1007-2	18	黄褐色半透 明长柱状	15	1448	33	0.017	1829	0.07188	0.02281 (36)	0.1530 (35)	0.04865 (74)	145.4	144.6	131.0
	19	黄色半透明 粗短柱状	20	784	19	0.024	959	0.12640	0.02231 (47)	0.1497 (48)	0.04866 (105)	142.2	141.6	131.5
	20	黄褐色半透 明短柱状	10	1705	39	0.008	2974	0.23360	0.02052 (21)	0.1396 (23)	0.04935 (56)	130.9	132.7	164.6
明月山 1325-5	21	浅棕色透明 长柱状	15	3892	99	0.076	750	0.06164	0.02435 (11)	0.1729 (28)	0.05149 (75)	155.1	161.9	262.6
	22	浅棕色半透明 细长柱状	20	4893	98	0.004	19084	0.05370	0.02111 (10)	0.1438 (14)	0.04940 (40)	134.7	136.4	167.0
	23	浅棕色半透明 长柱状	20	3165	68	0.087	603	0.07348	0.02011 (10)	0.1364 (38)	0.04921 (127)	128.4	129.9	157.7
	24	浅黄色透明 细长柱状	15	1813	40	0.055	370	0.06371	0.01953 (10)	0.1321 (58)	0.04908 (201)	124.7	126.0	151.5
	25	浅棕色不透明 长柱状	20	2462	90	0.024	3049	0.08885	0.03669 (17)	0.2615 (48)	0.05169 (88)	232.3	235.9	271.6

注: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 已对实验空白 ($\text{Pb}=0.050\text{ ng}$, $\text{U}=0.002\text{ ng}$) 及稀释剂作了校正, 其他比值中的铅同位素均为放射成因同位素, 括号内的数字为 2σ 绝对误差, $0.06860(2)$ 表示 $0.06860 \pm 0.00002(2\sigma)$ 。

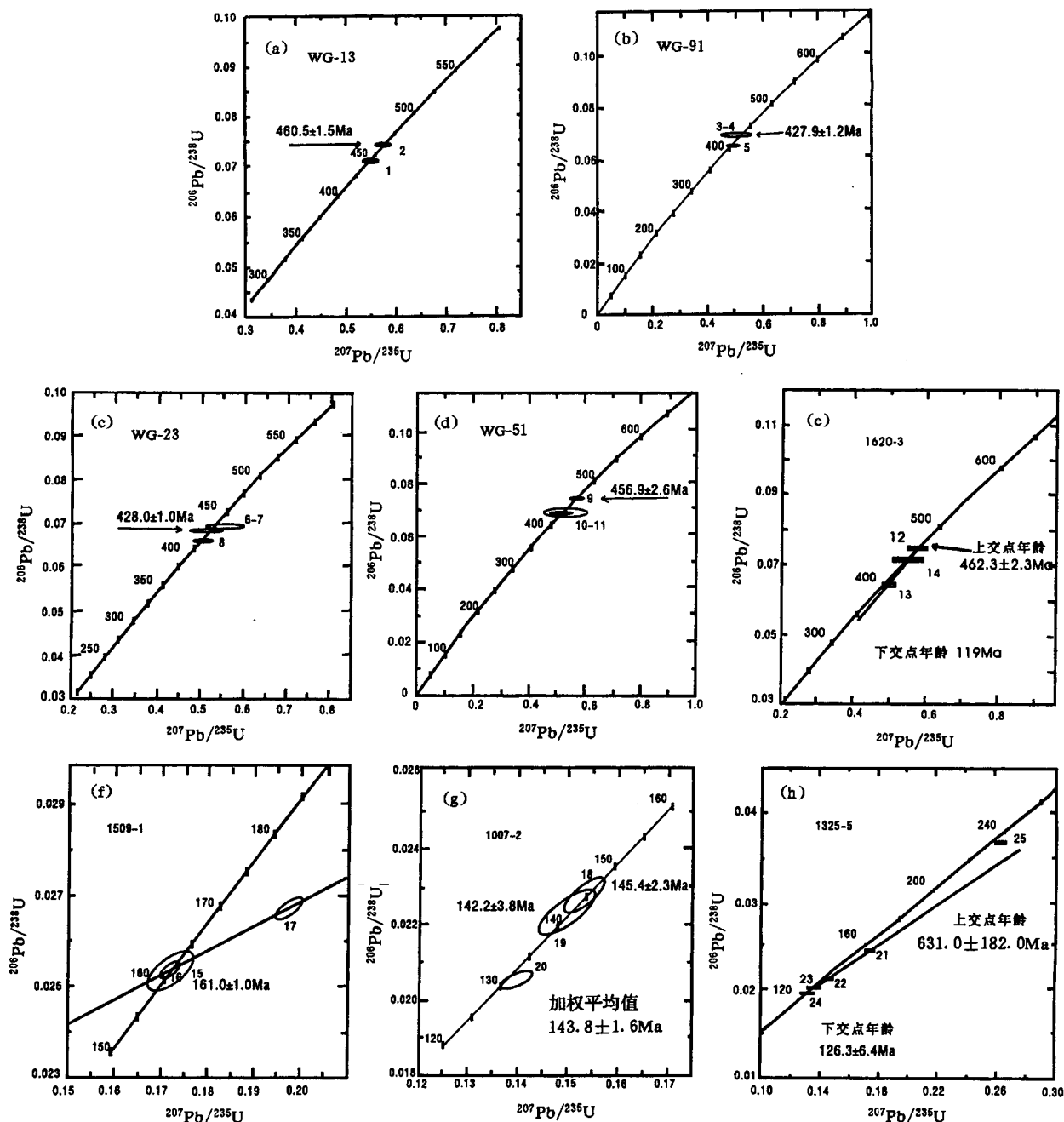


图 2 锆石 U-Pb 谐和图

Fig. 2 Zircon U-Pb concordia diagram of the Wugongshan granitoids

(a)—山庄岩体(WG-13);(b)—张佳坊岩体(WG-91);(c)—武功山岩体核部(WG-23);(d)、(e)—武功山岩体边缘(WG-51,1620-3);(f)—雅山岩体(1509-1);(g)—温汤岩体(1007-2);(h)—明月山岩体(1325-5)

(a)—Shanzhuang granite (WG-13); (b)—Zhangjiafang granite (WG-91); (c)—core of the Wugongshan granite (WG-23); (d)、(e)—edge of the Wugongshan granite (WG-51,1620-3); (f)—Yashan granite (1509-1); (g)—Wentang granite (1007-2); (h)—Mingyueshan granite (1325-5)

成时代。

3.1 早古生代晚期花岗岩体

3.1.1 山庄岩体(WG-13)

由表1所列的数据可知,在所分析的两颗锆石

中,序号1和2的三组表面年龄在误差范围内是一致的(序号2三组表面年龄的一致性比序号1的更好),因此本文取序号1和2的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 平均年龄 $460.5 \pm 1.5 \text{ Ma}$ 代表锆石的结晶年龄(图2a),表明山庄岩体形成于早古生代晚期。山庄岩体曾有全岩 Rb-Sr 等

时线年龄411 Ma(汤加富等,1991)报道,它和本文取得的锆石年龄并不矛盾,两者的差异是由两个同位素体系封闭温度不同引起的。锆石 U-Pb 同位素体系的封闭温度高达700~750℃(陈道公等,2001),全岩 Rb-Sr 体系的封闭温度为600~650℃(郑永飞等,1997)。这表明,山庄岩体从700~750℃冷却到600~650℃经历了40.3 Ma,其平均冷却速率在1.2~3.7℃/Ma 之间。

3.1.2 张佳坊岩体(WG-91)

在张佳坊岩体中,序号3和4的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄十分相似,而序号5的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄明显偏低。本文取序号3和4的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄 427.9 ± 1.2 Ma 代表张佳坊岩体的形成时间(图2b)。该岩体曾有 K-Ar 年龄237 Ma(江西省地质矿产局,1984)报道, K-Ar 年龄值的明显偏低显然同岩体经受的后期热扰动有关。

3.1.3 武功山岩体(WG-23、WG-51及1620-3)

对武功山岩体共进行3组 U-Pb 同位素分析。在岩体边缘的片麻状花岗岩中,共采集两组样品:样号 WG-51(序号9~11,图2d)和样号1620-3(序号12~14,图2e)。在这两组样品中,序号9和序号12的三组表面年龄几乎一致,而且两者之间非常相似。因此,本文取体系保持封闭的序号9和序号12的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄 456.9 ± 2.6 Ma 和 462.3 ± 2.3 Ma 分别代表岩体边缘片麻状花岗岩的形成时间。在其余4颗锆石(序号为10,11,13,14)的三组表面年龄变化较明显(相差19~67 Ma,表1),说明有些锆石受后期热扰动影响发生了放射成因 Pb 的丢失。由序号12~14获得的下交点年龄119 Ma 可能代表导致锆石中放射成因 Pb 丢失的后期热扰动时间(图2e)。表1序号6~8(样号 WG-23)采自武功山岩体核部似斑状花岗岩带。虽然序号8的三组表面年龄变化稍大,但序号6、7,尤其是序号6的三组表面年龄几乎一致,本文取序号7的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄 428.0 ± 1.0 Ma 作为武功山岩体核部似斑状花岗岩的形成时间(图2c)。

由上可知,武功山岩体从核部到边缘存在 428.0 ± 1.0 Ma、 456.9 ± 2.6 Ma 和 462.3 ± 2.3 Ma 三个不同的年龄数据,也许正暗示该岩体的形成经历了大约34 Ma。

3.2 晚侏罗世—早白垩世花岗岩

3.2.1 雅山岩体(1509-1)

在雅山岩体中,除序号17的三组表面年龄变化明显(达181 Ma)外,序号16,尤其是序号15的三组表面年龄相当一致。因此本文取序号15的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$

年龄 161.0 ± 1.0 Ma 作为雅山岩体的形成时间(图2f)。

3.2.2 温汤岩体(1007-2)

在温汤岩体中,序号18和19的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 年龄141.6~145.4 Ma 在误差范围内一致,但序号20的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 年龄明显偏低。本文取序号18和19的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄的加权平均值 143.8 ± 1.6 Ma 代表温汤岩体的形成时代(图2g)。

3.2.3 明月山岩体(1325-5)

在明月山岩体中,U-Pb 表面年龄变化明显。这种变化既表现在同一锆石颗粒的三组表面年龄之间,也表现在不同锆石颗粒的同一组表面年龄之间。在这种情况下,只有通过谐和图解才能获得可信的岩体形成时代。在图2h 中,序号21~24这4颗锆石构成的不一致线与谐和线的上交点年龄为 631.0 ± 182.0 Ma,下交点年龄为 126.3 ± 6.4 Ma,后者与序号24的透明细长柱状锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄(124.7 ± 0.5 Ma)相一致。就一般幔源火成岩锆石而言,上交点年龄代表火成岩结晶年龄,下交点年龄代表成岩后遭受变质热事件的时间;就壳源型未受变质的花岗岩中纯粹继承性锆石而言,上交点年龄代表花岗岩源区岩石年龄,下交点年龄代表源区部分熔融热事件/花岗岩结晶年龄(凌洪飞等,2004)。但地质关系和其他方面资料表明,明月山岩体花岗岩既不可能是在前寒武纪侵入形成的,也不是由震旦纪地壳衍生的。在上述谐和图中能构成不一致线,可能是因为序号21、22锆石样品中包含有源区继承性锆石核(不同花岗岩样品有可能包含来自源区不同年龄岩石的继承性锆石核),这种继承性锆石在源区部分熔融形成花岗岩过程中可能发生 Pb 丢失,因此序号21、22样品的 U-Pb 同位素分析数据可能是已发生 Pb 丢失的继承性锆石核与花岗岩形成时新生锆石壳两者混合的结果,从而使该不一致线(或混合线)的上交点年龄界于明月山花岗岩及其源区岩石年龄之间,没有确切的地质意义。而下交点年龄(126.3 ± 6.4 Ma)才代表花岗岩体形成时间。这表明,明月山岩体是在早白垩世形成。

4 讨论与结论

锆石 U-Pb 年龄结果显示武功山地区存在两期不同时代的岩浆活动,其中早期岩浆活动时间为早古生代晚期(加里东期),代表性岩体有山庄花岗闪长岩、武功山似斑状花岗岩、片麻状花岗岩、张佳坊

黑云母花岗岩等,其单颗粒锆石 U-Pb 年龄分别为 460.5 Ma、428.0~462.3 Ma 及 427.9 Ma;晚期岩浆活动时间为中生代(燕山期),代表性岩体有雅山、温汤、明月山等花岗岩体,其单颗粒锆石 U-Pb 年龄分别为 161.0 Ma、143.8 Ma 及 126.3 Ma。这些年龄数据为研究该区多期岩浆活动及查明花岗岩与伸展构造作用之间的成因联系提供了年代学约束。

华南大地构造演化历史研究表明,扬子地块与华夏地块在新元古代存在一次碰撞拼合作用,这一认识得到了许多学者的支持(徐备,1990;舒良树等,1995;郭令智等,1996;Li,1998)。但对华南早古生代构造—岩浆作用的认识则存在较大分歧,白立新等(1996)认为早古生代晚期造山作用使扬子地块与华夏地块碰撞拼合,构成统一的南方板块。华南地区存在早古生代花岗岩(徐克勤等,1960;王德滋等,1999,2003;周新民,2003;王德滋,2004)的地质事实是可靠的,但对华南早古生代花岗岩形成大地构造环境的研究较少。本文对武功山地区花岗岩中锆石 U-Pb 定年研究结果表明,该区山庄花岗闪长岩、张佳坊黑云母花岗岩、武功山似斑状花岗岩、片麻状花岗岩的形成时代基本相同(427.9~462.3 Ma),均为早古生代晚期形成的岩体;结合闽西北的宁化岩体(401 Ma, Rb-Sr 法)、竹洲岩体(441~421 Ma, 黑云母 K-Ar 法)、东堡岩体(435 Ma, 黑云母 K-Ar 法)(舒良树等,1997);江西的慈竹岩体(477 Ma, K-Ar 法,王德滋等,1978);南风面岩体及金溪岩体(460~600 Ma, K-Ar 法,江西省地质矿产局,1984)等古生代花岗岩等存在的事实,说明华南早古生代晚期存在一次重要的构造—岩浆作用事件。同时,也为武功山变质核杂岩是发生在早古生代变质基底之上的认识提供了可靠的年代学证据。

太平洋板块在晚中生代向东亚陆缘的俯冲(郭令智等,1983),导致大规模中生代岩浆活动(王德滋等,2003;周新民等,2003;王德滋,2004),武功山地区也受到该期构造岩浆活动的影响,雅山、温汤、明月山等中生代花岗岩体的存在证明了该次构造岩浆事件的存在。晚中生代,中国东南大陆边缘经历了由挤压向拉张的转化,地壳伸展减薄,岩石圈厚度也明显减薄,软流圈上涌,玄武岩浆发生广泛底侵(Liu et al., 1990;徐夕生等,1999),后者带来足够的热量,促使中、下地壳部分熔融产生大量酸性岩浆向上运移,向地壳减压处迅速扩张,促使周围岩石软化,软化的或韧性的围岩环境有利于伸展构造的发展。因此,本文所获的中生代锆石 U-Pb 年龄数据(126.3

~161.0 Ma)为武功山变质核杂岩中中生代(燕山期)花岗岩的存在提供了重要的年代学证据。

中—晚三叠世华北板块与扬子板块发生碰撞(张国伟等,1996,2004),导致华南造山带重新活动,形成了晚三叠—早侏罗世磨拉石和陆源粗碎屑(邓家瑞等,1999),处于扬子板块东南侧的武功山也受到强烈挤压作用影响,导致岩石变形,拉开了武功山变质核杂岩形成的序幕。白云母、黑云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 测年获得的年龄数据(225~233 Ma, 舒良树等,1998)及在张佳坊岩体中所获的 K-Ar 法 237 Ma 年龄数据(江西省地质矿产局,1984)均证明了该期构造动力变质—韧性剪切变形事件的存在。

前述锆石 U-Pb 年龄结果表明,武功山地区大规模中生代岩浆活动大约在 161.0 Ma 开始,大量花岗岩浆不断向上运移,向地壳减压处迅速扩张,产生氢气球效应,使周围岩石软化乃至部分熔融,从而进一步扩大岩浆规模,并促进了伸展构造的发展,形成了韧性剪切变形带。在面理化花岗岩样品中所获黑云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄数据(132.0 Ma, 舒良树等,1998),表明武功山变质核杂岩区域伸展、糜棱岩化作用结束于早白垩世。

参 考 文 献

- 白立新,朱日祥. 1996. 扬子地块古生代大地构造演化及古地磁学研究综述. 地球物理学进展, 11(3):109~116.
- 陈道公,李彬贤,夏群科,等. 2001. 变质岩中锆石 U-Pb 计时问题评述——兼论大别造山带锆石定年. 岩石学报, 17(1):129~138.
- 邓家瑞,张志平. 1999. 赣杭构造带区域大地构造背景的探讨. 铀矿地质, 15(2):71~76.
- 郭令智,施央申,马瑞士. 1983. 西太平洋中、新生代活动大陆边缘和岛弧构造的形成和演化. 地质学报, 57(1):11~21.
- 郭令智,卢华复,施央申,等. 1996. 江南中、新元古代岛弧的运动学和动力学. 高校地质学报, 2(1):1~13.
- 江西省地质矿产局. 1984. 江西省地质志. 北京:地质出版社, 1~921.
- 陆松年. 1998. 新元古代时期 Rodinia 超大陆研究进展述评. 地质论评, 44(5): 489~495.
- 廖群安,李昌年,王京名. 1999. 江绍断裂带晚侏罗世 S 型酸性火山岩特征及其地质意义. 地球科学, 24(1):63~68.
- 楼法生,舒良树,于津海,等. 2002. 江西武功山穹隆花岗岩岩石地球化学特征与成因. 地质论评, 48(1): 80~88.
- 凌洪飞,沈渭洲,邓平,等. 2004. 粤北笋洞花岗岩的形成时代、地球化学特征与成因. 岩石学报, 20(3):413~424.
- 孙岩,舒良树,福赫,等. 1997. 赣北地区武功山变质核杂岩的构造发育. 南京大学学报(自然科学), 33(3):447~449.
- 舒良树,施央申,郭令智,等. 1995. 江南中段板块—地体构造与碰撞造山运动. 南京:南京大学出版社.
- 舒良树,卢华复,Charvet J,等. 1997. 武夷山北缘断裂带运动学研究. 高校地质学报, 3(3): 282~292.
- 舒良树,孙岩,王德滋,等. 1998. 华南武功山中生代伸展构造. 中国科学(D 辑), 28(5):431~438.

- 舒良树,王德滋,沈渭洲. 2000. 江西武功山中生代变质核杂岩的花岗岩类 Nd-Sr 同位素研究. 南京大学学报(自然科学), 36(3): 306~311.
- 汤加富,王希明,刘芳宇,等. 1991. 江西武功山地区中浅变质岩 1/50000 区域地质调查方法研究. 武汉:中国地质大学出版社, 1~95.
- 王德滋,林承毅,周新民. 1978. 江西慈竹英云闪长岩体及其周围区域变质岩石的成因. 南京大学学报(自然科学版), (1): 81~99.
- 王德滋,周金城. 1999. 我国花岗岩研究的回顾与展望. 岩石学报, 15(2): 161~169.
- 王德滋,沈渭洲. 2003. 中国东南部花岗岩成因与地壳演化. 地学前缘, 10(3): 209~220.
- 王德滋. 2004. 华南花岗岩研究的回顾与展望. 高校地质学报, 10(3): 305~314.
- 徐克勤,刘英俊,俞受鎏,等. 1960. 江西南部加里东期花岗岩的发现. 地质论评, 20(2): 112~114.
- 徐备. 1990. 论赣东北—皖南晚元古代沟弧盆体系. 地质学报, 64(1): 33~41.
- 徐夕生,周新民,王德滋. 1999. 壳幔作用与花岗岩成因——以中国东南沿海为例. 高校地质学报, 5(3): 241~250.
- 周新民. 2003. 对华南花岗岩研究的若干思考. 高校地质学报, 9(4): 556~565.
- 郑永飞,魏春生,王峥嵘,等. 1997. 大龙山岩体冷却史及其成矿关系的同位素研究. 地质科学, 32(4): 465~477.
- 张国伟,孟庆任,于在平,等. 1996. 秦岭造山带的造山过程及其动力学特征. 中国科学(D 辑), 26(3): 193~200.
- 张国伟,程顺有,郭安林,等. 2004. 秦岭—大别山中央造山带南缘勉略古缝合带的再认识——兼论中国大陆主体的拼合. 地质通报, 23(9~10): 846~853.
- Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources. 1984. Regional Geology of Jiangxi Province. Beijing: Geological Publishing House, 1~921 (in Chinese with English abstract).
- Liu C S, Zhu J C, Shen W Z, Xu S J. 1990. Classification and material source of continental crust transformation series granitoids in South China. Acta Geologica Sinica (English Edition), 3(3): 287~298.
- Li Z X. 1998. Tectonic history of the major East Asian lithospheric blocks since the mid-Proterozoic: a synthesis. In: Flower M F J, Chung S L, Lo C H, Lee C Y, eds. Mantle Dynamics and Plate Interactions in East Asia. American Geophysical Union (Geodynamic Series), 27: 221~243.
- Lin W, Faure M, Monié P, Schärer U, Zhang L, Sun Y. 2000. Tectonic of SE China: New insights from the Lushan massif (Jiangxi Province). Tectonics, 19: 852~871.
- Lin W, Faure M, Sun Y, et al. 2001. Compression to extension switch during the Middle Triassic orogeny of eastern China: the case study of the Jiulingshan massif in the southern foreland of the Dabieshan. J. Asian Earth Sci., 20: 31~43.
- Ling H F, Shen W Z, Deng P, et al. 2004. Age, geochemistry and petrogenesis of the Sundong granite, northern Guangdong province. Acta Petrologica Sinica, 20(3): 413~424 (in Chinese with English abstract).
- Liao Qun'an, Li Changnian, Wang Jingming. 1999. Characteristics and geological significance of S-type acid volcanic rocks in late Jurassic along Jiangshao rift zone. Earth Science, 24(1): 63~68 (in Chinese with English abstract).
- Lou Fasheng, Shu Liangshu, Yu Jinhai, et al. 2002. Petrological and geochemical characteristics and origin of the Wugongshan dome granite, Jiangxi province. Geological Review, 48(1): 80~88 (in Chinese with English abstract).
- Lu Songnian. 1998. A review of advance in the research on the neoproterozoic Rodinia supercontinent. Geological Review, 44(5): 489~495 (in Chinese with English abstract).
- Shu Liangshu, Shi Yangshen, Guo Lingzhi, et al. 1995. Plate tectonic evolution and the kinematics of collisional orogeny in the middle Jiangnan, eastern China. Nanjing: Publishing House of Nanjing University (in Chinese with English abstract).
- Shu Liangshu, Charvet J. 1996. Kinematics and geochronology of the Proterozoic Dongxiang-Shexian ductile shear zone: with HP metamorphism and ophiolitic melange (Jiangxi Region, South China). Tectonophysics, 267: 291~302.
- Shu Liangshu, Lu Huaifu, Charvet J, et al. 1997. Kinematic study of the northern marginal fault zone of Wuyishan, South China. Geological Journal of China Universities, 3(3): 282~292 (in Chinese).
- Shu L S, Sun Y, Wang D Z, et al. 1998. Mesozoic doming extensional tectonics of Wugongshan, South China. Science in China (Series D), 41(6): 601~608.
- Shu L S, Wang D Z, Shen W Z. 2000. Nd-Sr isotopic compositions of granitic rocks of the mesozoic metamorphic core complex in the Wugongshan area, Jiangxi Province. J. of Nanjing University (Natural Sciences), 36(3): 306~311 (in Chinese).
- Sun Y, Shu L S, Faure M, et al. 1997. Tectonic development of the metamorphic core complex of the Wugongshan in the Northern Jiangxi Province. J. of Nanjing University (Natural Sciences), 33(3): 447~449 (in Chinese).
- Tang J F, Wang X M, Liu F Y, et al. 1991. Tectonic deformation and

References

- geological survey of the Wugongshan metamorphic terrane. Wuhan: Publ. House China-Univ. Geosci, 1~95 (in Chinese).
- Wang Y J, Fan W M, Guo F, Peng T P, Li C W. 2003. Geochemistry of Mesozoic mafic rocks around the Chenzhou-Linwu fault in South China: Implication for the lithospheric boundary between the Yangtze and the Cathaysia Blocks. *International Geology Review*, 45(3): 263~286.
- Wang Dezi, Lin Chengyi, Zhou Xinmin. 1978. Genesis of tonalities and their surrounding regional metamorphic rocks in Cizhu, Jiangxi Province. *Journal of Nanjing University (Natural Sci.)*, (1): 81~99 (in Chinese).
- Wang Dezi, Zhou Jincheng. 1999. Look back and look forward to granite research. *Acta Petrologica Sinica*, 15(2): 161~169 (in Chinese with English abstract).
- Wang Dezi, Shu Liangshu, Faure M, Shen Weizhou. 2001. Mesozoic magmatism and granitic dome in the Wugongshan massif, Jiangxi province and their genetical relationship to the tectonic events in southeast China. *Tectonophysics*, 339: 259~277.
- Wang Dezi, Shen Weizhou. 2003. Genesis of granitoids and crustal evolution in Southeast China. *Earth Sci. Frontiers*, 10(3): 209~220 (in Chinese with English abstract).
- Wang Dezi. 2004. The study of granitic rocks in South China: looking back and forward. *Geological Journal of China Universities*, 10(3): 305~314 (in Chinese).
- Xu Keqin, Liu Yingjun, Yu Shoujun, et al. 1960. Discovery of Caledonian granite in the southern Jiangxi province. *Geological Review*, 20(2): 112~114 (in Chinese with English abstract).
- Xu Bei. 1990. The late protorozoic trench-basin-arc system in northeastern Jiangxi-southern Anhui provinces. *Acta Geologica Sinica*, 64(1): 33~41 (in Chinese with English abstract).
- Xu Xisheng, Zhou Xinmin, Wang Dezi. 1999. Crust-mantle interaction and the genesis of granite: A case study of coastal area of southeastern China. *Geological Journal of China Universities*, 5(3): 241~250 (in Chinese).
- Zhou Xinmin. 2003. My thinking about granite geneses of South China. *Geological Journal of China Universities*, 9(4): 556~565 (in Chinese).
- Zheng Yongfei, Wei Chunsheng, Wang Zhengrong, et al. 1997. An isotope study on the cooling history of the Dalongshan granitic and its bearing on mineralizing process. *Scientia geologica Sinica*, 32(4): 465~477 (in Chinese).
- Zhang Guowei, Meng Qingren, Yu Zaiping, et al. 1996. Orogenesis and dynamics of the Qinling Orogen. *Science in China (Series D)*, 39(3): 225~234.
- Zhang Guowei, Cheng Shunyou, Guo Anlin, et al. 2004. Mianlue paleo-suture on the southern margin of the Central orogenic system in Qinling-Dabie-with a discussion of the assembly of the main part of the continent of China. *Geological Bulletin of China*, 23(9~10): 846~853 (in Chinese).

Zircon U-Pb Isotopic Chronology of the Wugongshan Dome Compound Granite in Jiangxi Province

LOU Fasheng^{1,2)}, SHEN Weizhou¹⁾, WANG Dezi¹⁾, SHU Liangshu¹⁾, WU Fujiang²⁾,
ZHANG Fangrong²⁾, YU Jinhai¹⁾

1) Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, 210093

2) Geological Survey of Jiangxi Province, Nanchang, 330201

Abstract

There are many granite plutons in the Wugongshan dome compound granite. Fine U-Pb dating of zircons show that the Shanzhuang granite, Zhangjiafang granite and Wugongshan granite have zircon ages of 460.5 ± 1.5 Ma, 427.9 ± 1.2 Ma and $428.0 \pm 1.0 \sim 462.3 \pm 2.3$ Ma respectively, belonging to the late Early Paleozoic. The Yanshan granite, Wentang granite and Mingyueshan granite have zircon ages of 161.0 ± 1.0 Ma, 143.8 ± 1.6 Ma, 126.3 ± 6.4 Ma respectively, belonging to the late Jurassic-early Cretaceous. Therefore, the authors believe that the granite of the Wugongshan dome compound granite is the product of the late Early Paleozoic and late Jurassic-early Cretaceous magmatism. These data can indicate from another angle that there might be late Early Paleozoic tectonic-thermal events and late Jurassic-early Cretaceous tectonic-thermal events, which provides new evidence for the researches of geotectonic evolution of South China. Considering also $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of muscovite from granitic gneiss (225~233 Ma), these data show that the ductile distortion was formed during the late Triassic which may be the startup of extensional tectonics. The formation and upwelling of late Jurassic-early Cretaceous magmas made the wall rocks softening and partial melting, which help the development of extensional tectonics in wall rocks, and the granitic dome extensional tectonics was finally formed during the Cretaceous in Wugongshan.

Key words: U-Pb dating of zircon; granitic dome; extensional tectonics; Wugongshan