

福建东山县澳角村澳角群花岗质石榴黑云片麻岩 锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义

冯艳芳^{1,2} 邓晋福^{1,2} 肖庆辉^{1,2} 邢光福³ 陆松年^{2,4}
崔显岳⁵ 公凡影¹ 甄世民¹ 贾德龙¹ 齐钊宇¹

(1.中国地质大学地球科学与资源学院,北京 100083;2.中国地质调查局发展研究中心,北京 100037;3.南京地质矿产研究所,江苏南京 210016;4.天津地质矿产研究所,天津 300170;5.中国地质矿业总公司,北京 100029)

摘要: 本文对福建东山县澳角村澳角群花岗质石榴黑云片麻岩中 17 颗锆石进行了 SHRIMP U-Pb 同位素年龄测定。结果显示锆石 Th/U 比值变化于 0.31~1.01,平均值为 0.48,为典型的岩浆锆石;其中 16 个分析点在谐和图上分布较为集中,²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄加权平均值为 (152.8±1.6) Ma (n=17, MSWD=1.12);结合锆石自形、发育岩浆环带等特点,该年龄被解释为澳角群亲营山组花岗质石榴黑云片麻岩的形成年龄。其所指示的地质意义:(1)福建东山县澳角村澳角群亲营山组花岗质石榴黑云片麻岩形成于晚侏罗纪,而非前泥盆纪;(2)福建东山县澳角村澳角群亲营山组应解体为表壳岩与变质侵入体。

关键词: 福建东山县;澳角群亲营山组;花岗质石榴黑云片麻岩;锆石 SHRIMP U-Pb 定年;地质意义
中图分类号: P588.34⁺5; P597⁺.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2011)01-0103-06

1 引言

“澳角群”一直是福建省区域地质争议的热点,其归属在福建省地质调查研究历史上有过多种不同的认识,福建省地质调查研究院 1:25 万区调报告(2002)^①中对此有较好的评述。主要认识可概括为三方面:(1)澳角群时代为前泥盆纪^[1-2];(2)澳角群时代为中生代;(3)澳角群既含基底(华夏古陆)变质岩系,又有燕山期变质岩,两者兼而有之。

关于“澳角群”的创立和定义,目前有两种代表性观点。一是王振民等(1991)^②认为:根据沿海变质岩所取得的新成果,已具备建立新的岩石地层单位

的条件,于是以岩石地层“澳角群”来命名呈带状出露于台湾海峡西岸的区域变质杂岩。澳角是东山县一村名,因在该村获化石而引用。澳角群分布范围为台湾海峡西岸的福建沿海岛屿和半岛及广东南澳岛,岩石类型包括各种片麻岩、变粒岩、片岩和斜长角闪岩以及少量的石英岩,时代为早古生代。二是李兼海等(1994,转引自^①)根据福建省区测队测制的东山县亲营山—岩雅正层型剖面,将澳角群定义为“出露于福建东南沿海的一套中浅变质岩系,包括下部以变(浅)粒岩为主的岩雅岩组和上部以含砂线石片岩为主的亲营山岩组”,时代为前泥盆纪。

福建东山县澳角村澳角群亲营山组岩石的形成

收稿日期:2010-11-28;改回日期:2010-12-22

基金项目:东部沿江沿海经济区基础地质综合研究项目(1212010610611),全国重要矿产成矿地质背景研究项目(1212010733802),中国东部中生代大陆岩石圈剧变过程、动力学机制与矿产资源响应项目(1212010711814),张家口大麻坪橄榄岩底辟体及脉状苦橄岩的初步研究项目(GPMR0735)资助。

作者简介:冯艳芳,女,1973年生,高级工程师,主要从事岩浆岩研究;E-mail: fyanfang@mail.cgs.gov.cn.

①福建省地质调查研究院.中华人民共和国厦门市幅、东山县幅 1:25 万区域地质调查报告,2002.

②王振民,黄辉.福建沿海澳角群概论,台湾海峡两岸地质与矿产,地质科学技术文集(一).福建省地质科学研究所,1991.

时代,对于了解澳角群、长乐—南澳断裂带乃至福建省的地质演化历史具有重要的意义。以往确定它的形成年龄大多是采用单矿物 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法直接定年。由于该方法常受到矿物热封闭温度的影响,后期的构造—岩浆热事件会修改早期单矿物 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄记录^[3],因此其对于测试样品变质或热事件的年龄较为合理,而对于测定原岩形成年龄具有一定的局限性。基于此,笔者在长乐—南澳构造带福建东山县澳角村亲营山组采集花岗质石榴黑云片麻岩样品进行锆石 SHRIMP U—Pb 定年,并讨论其地质意义。

2 野外地质与岩石学

花岗质石榴黑云片麻岩样品采自长乐—南澳断裂带东山县陈诚镇的澳角村海边公路(图1)(地理坐标为:北纬 $23^{\circ}35'37.6''$, 东经 $117^{\circ}25'41.6''$)。从野外岩层产状(图2,图3),片麻状花岗岩侵入亲营山组花岗质石榴黑云片麻岩中,且切过片麻理(图2)。片麻状花岗岩中有亲营山组花岗质石榴黑云片麻岩捕虏体(图3)。据此可以判断,花岗质石榴黑云片麻岩形成时代早于片麻状花岗岩。

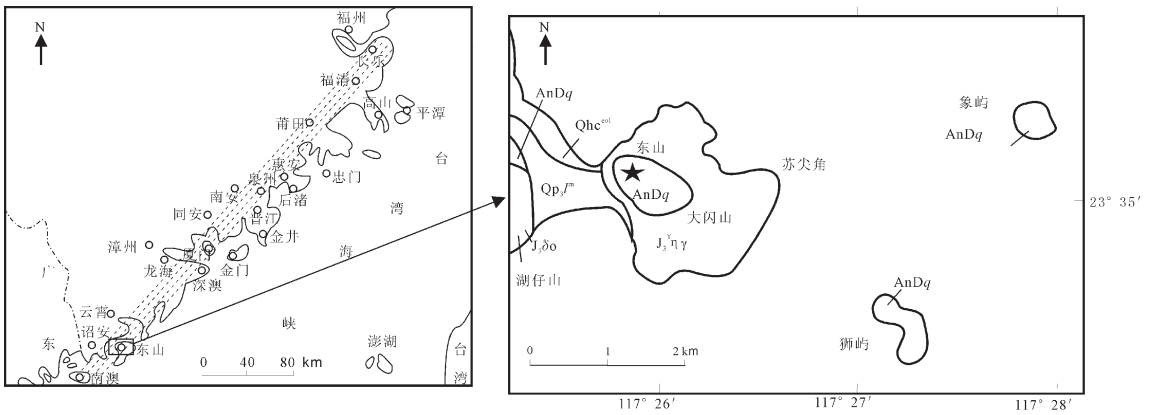


图1 福建东山县澳角村澳角群亲营山组花岗质石榴黑云片麻岩采样点位置图
 AnDq—前泥盆纪澳角群亲营山组; Qhc^{cd}—全新统长乐组风积层; J₃^{yetai}—晚侏罗世永兴二长花岗岩;
 Qp₃^m—上更新统龙海组海积层; J₃^{delta}—晚侏罗世石榴石英闪长岩
 Fig.1 Map showing sampling locations of granitic gneiss from Qinyingshan Formation of Aojiao Group at Aojiao Village of Dongshan County, Fujian Province
 AnDq—Qinyingshan Formation of Pre-Devonian Aojiao Group; Qhc^{cd}—Aeolian layer of Holocene Changle Formation; J₃^{yetai}—Late Jurassic Yongxing monzogranite; Qp₃^m—Marine Layer of Upper Pleistocene Longhai Formation; J₃^{delta}—Late Jurassic Shiliu diorite

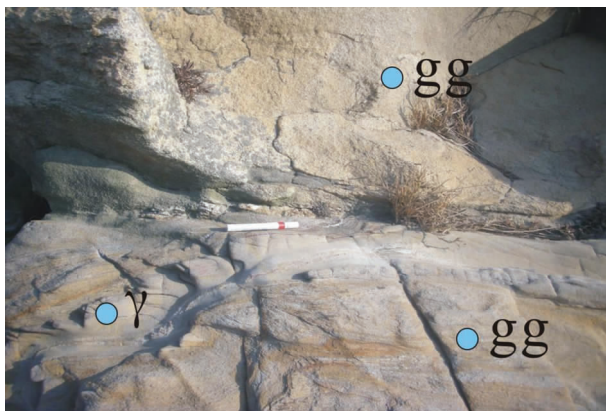


图2 片麻状花岗岩侵入亲营山组花岗质石榴黑云片麻岩中
 gg—花岗质石榴黑云片麻岩; γ—片麻状花岗岩
 Fig.2 Photo showing the intrusion of gneissic granite in garnet-biotite gneiss
 gg—Granitic garnet-biotite gneiss; γ—Gneissic granite

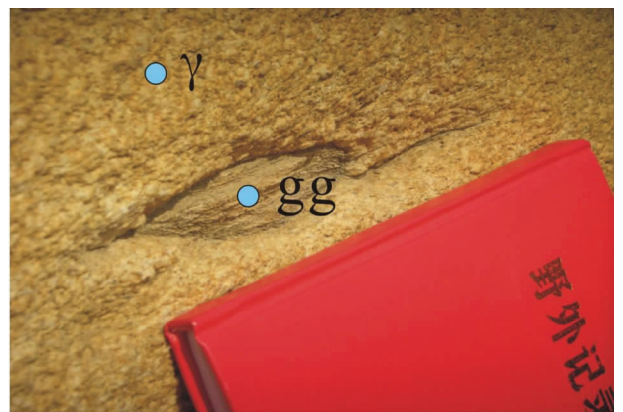


图3 片麻状花岗岩内有亲营山组花岗质石榴黑云片麻岩捕虏体
 gg—花岗质石榴黑云片麻岩; γ—片麻状花岗岩
 Fig.3 Photo showing the Qinyingshan Formation gneiss xenoliths within granite
 gg—Granitic garnet-biotite gneiss; γ—Gneissic granite

片麻状花岗岩矿物成分为石英+斜长石+钾长石+黑云母+白云母+石榴子石。长石自形程度高于石英,而钾长石含量又高于斜长石,石英+长石含量占岩石体积分数的 90%~95%;石英波状消光现象明显,单个晶体发生了一定程度的碎裂,裂纹清晰可辨。黑云母和白云母鳞片状,含量为 5%~10%,二者比例约为 2:3,白云母略多于黑云母;云母断续定向排列构成了岩石的片麻理。石榴子石粒状,零星散落于薄片,粒径<0.2mm,含量约 1%。

花岗质石榴黑云片麻岩矿物成分为石英+斜长石+钾长石+黑云母+石榴子石(图 4)。长英质矿物含量为 80%~85%,多以缝合线状镶嵌接触,沿构造应力方向发生变形并被压扁拉长,波状消光现象明显。黑云母含量约 10%,有两类黑云母:一类单偏光下呈淡黄褐-褐色多色性,干涉色较高;另一类单偏

光下呈淡绿-黄绿色多色性,干涉色较低,仅为 I 级黄;二者之间的过渡类型也有,晶形均为细小短柱状。石榴子石粒径一般>0.1 mm,为变质成因。花岗质石榴黑云片麻岩化学成分见表 1 和表 2。

3 锆石 SHRIMP U-Pb 定年

3.1 分析方法与样品

在本研究中,对东山县澳角村澳角群亲营山组花岗质石榴黑云片麻岩锆石进行了 SHRIMP U-Th-Pb 同位素测定。

锆石分选在河北区域地质矿产调查研究所实验室完成,即原岩样品经手工和人工粉碎后进行人工淘洗,去除轻矿物部分,将得到的重砂部分进行电磁选,便可得到含有少量杂质的锆石样品,最后在双目镜下挑选出锆石晶体。将待测锆石晶体与标准锆石

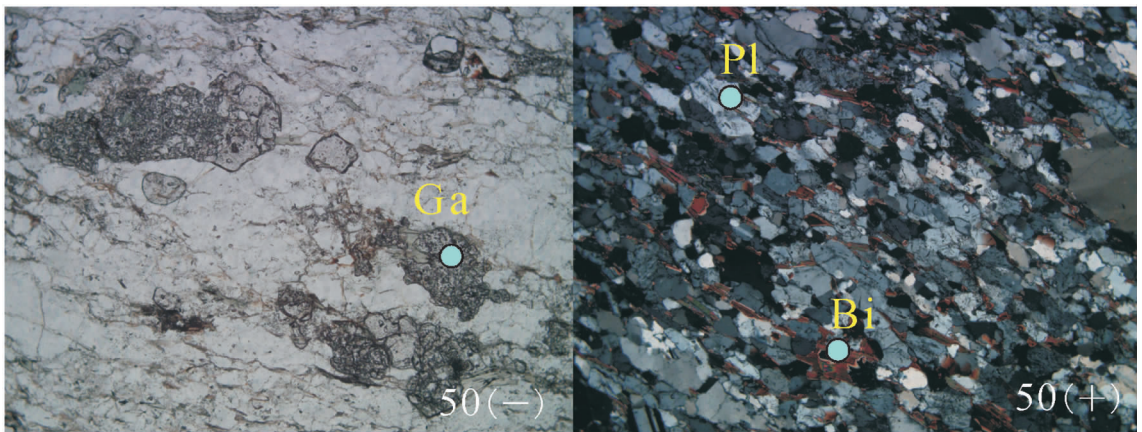


图 4 花岗质石榴黑云片麻岩矿物成分照片

Ga—石榴子石;Pl—斜长石;Bi—黑云母

Fig.4 Microscopic photo of granitic gneiss

Ga—Garnet;Pl—Plagioclase;Bi—Biotite

表 1 花岗质石榴黑云片麻岩主元素(%)

Table 1 Major element data of granitic gneiss

岩性 (样号)	主元素 (Wt%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	TiO ₂	Total
花岗质石榴黑云片麻岩 (F28-1)	原始测试数据	70.47	13.19	0.44	2.74	0.34	2.29	2.87	3.33	0.19	0.06	0.28	96.20
	干(100%无水)数据	73.26	13.71	0.46	2.85	0.35	2.38	2.98	3.46	0.20	0.06	0.29	100.00

表 2 花岗质石榴黑云片麻岩微量元素表

Table 2 Some trace element data of granitic gneiss

岩性(样号)	微量元素	Rb	Nb	Ta	Y	Yb	Pb	U
花岗质石榴黑云片麻岩(F28-1)	测试数据/10 ⁻⁶	149.00	15.20	1.10	33.30	3.00	221	4.0

晶体 TEM 一起制作成样品靶,在样品靶固结后,打磨并抛光,使锆石内部暴露出来,然后在光学显微镜下进行透射光、反射光照相,以及在扫描电镜下进行阴极发光(CL)图像拍摄。样品靶的制作、可见光和阴极发光照相均在北京离子探针中心实验室完成。

SHRIMP U-Pb 同位素年龄测定在北京离子探针中心 SHRIMP II 上进行,按照标准测定流程完成^[4-7]。应用 RSES 参考锆石 TEM(417Ma)进行元素间的分馏校正,SL13 标样(铀含量 238×10^{-6} ,年龄为 572 Ma)和 TEM(年龄为 417 Ma)进行 U、Th、Pb 含量校正,数据处理采用 Ludwig Squid 1.01 和 ISOPLOT 程序^[8-9]。应用实测 ^{204}Pb 校正锆石中的普通铅;单个数据点的误差均为 1σ ,采用年龄为 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄,其加权平均值的误差为 2σ 。

东山县澳角村澳角群亲营山组花岗质石榴黑云片麻岩阴极发光图像显示锆石总体颗粒较大,自形程度好,大多为长柱状(长宽比为 3:1~6:1),少量为短柱状(长宽比 $\geq 2:1$),锆石颗粒以灰白色为主。所有锆石都发育明显的岩浆环带,大部分为振荡环带,也有少数为板状环带(图 5)。锆石晶形及其岩浆环带构造表明,所测定的锆石为岩浆成因^[10]。

3.2 分析结果

福建东山县澳角群亲营山组花岗质石榴黑云片麻岩样品锆石 SHRIMP U-Th-Pb 分析结果见表 3,锆石 SHRIMP U-Pb 谐和图见图 6。结果表明,样品晶形和环带有轻微差别的锆石没有年龄上的差别,17 粒锆石的 Th/U 比值变化范围为 0.31~1.01,平均值为 0.48,为典型的岩浆锆石。除锆石 F28-1-4.1 稍有偏离外,16 粒锆石分析值均分布在谐和线及其附近,定年结果保持在 $(148.1 \pm 3.2) \sim (160.3 \pm 3.5)$ Ma, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值为 (152.8 ± 1.6) Ma ($n=17$, MSWD=1.12)。结合锆石自形、发育岩浆环带等特点,此年龄被解释为东山县澳角村澳角群亲营山组花岗质石榴黑云片麻岩的形成年龄,属于晚侏罗世。

4 地质意义:讨论

(1)福建东山县澳角村澳角群亲营山组花岗质石榴黑云片麻岩锆石 SHRIMP U-Pb 同位素年龄为 (152.8 ± 1.6) Ma,表明其形成于晚侏罗世(J_3),属燕山期,而非前人所认为的前泥盆纪(AnD)或中生代^[1-2]。这无疑为深入研究澳角群、长乐—南澳断裂带乃至福建省的地质演化历史提供了新信息和重要

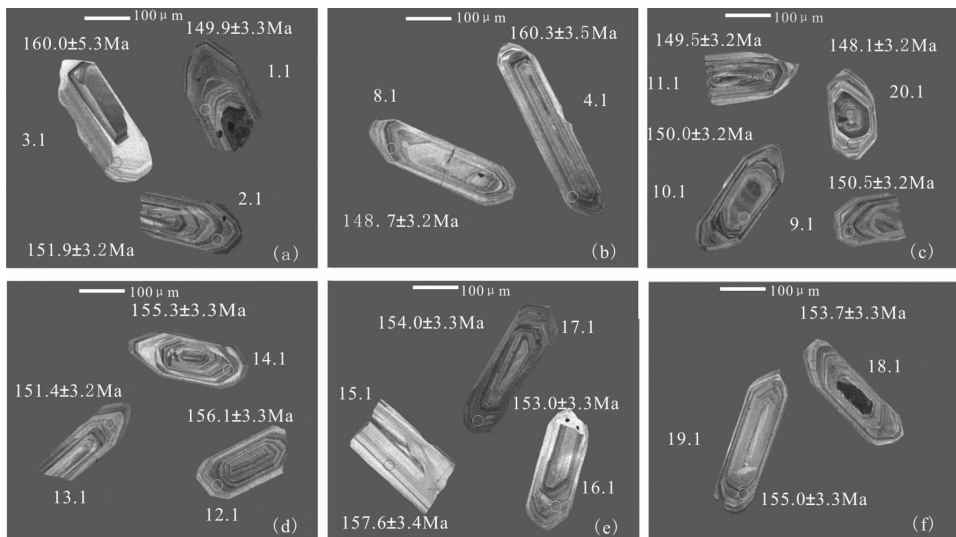


图 5 花岗质石榴黑云片麻岩锆石的阴极发光成像(CL)及 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄测定值

Fig.5 CL images of zircons from granitic gneiss and their $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ages

① 1:5 万平潭等幅区域地质调查报告,福建省地质研究所,1996;1:25 万莆田市幅片区总结,福建省地质测绘院,1998;福建省长乐—南澳断裂带、平潭—东山褶皱带性质和意义的研究,福建省区测队,1988;1:5 万枫亭等幅区域地质调查报告,福建省闽东南队,1987;1:50 万福建省地质图说明书,福建省地勘局,1998。

表 3 东山澳角群亲营山组花岗质石榴黑云片麻岩锆石 SHRIMP U-Pb 同位素年龄测定结果
Table 3 SHRIMP zircon U-Pb data for Qinyingshan Formation granitic gneiss at Aojiao Village, Dongshan County

点号	Pb _c (%)	U/10 ⁶	Th/10 ⁶	²⁰⁶ Pb*	Th/U	同位素原子比率						表面年龄/Ma	
						²⁰⁷ Pb*/ ²⁰⁶ Pb*	±%	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U	±%	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U	±%	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	
F28-1-1.1	0.56	521	169	10.6	0.34	0.05380	2.4	0.1600	3.5	0.02353	2.2	149.9	3.3
F28-1-2.1	0.00	940	395	19.3	0.43	0.04965	1.7	0.1633	2.7	0.02385	2.1	151.9	3.2
F28-1-3.1	1.29	142	55	3.11	0.40	0.05290	4.9	0.147	8.9	0.02513	3.4	160.0	5.3
F28-1-4.1	0.28	1130	557	24.5	0.51	0.04970	2.0	0.1646	3.5	0.02518	2.2	160.3	3.5
F28-1-8.1	0.38	679	261	13.7	0.40	0.05072	1.8	0.1535	3.6	0.02333	2.1	148.7	3.2
F28-1-9.1	0.34	799	308	16.3	0.40	0.04948	1.6	0.1524	2.9	0.02363	2.1	150.5	3.2
F28-1-10.1	0.12	639	320	12.9	0.52	0.05024	1.8	0.1599	2.8	0.02354	2.1	150.0	3.2
F28-1-11.1	0.50	952	439	19.3	0.48	0.05016	1.5	0.1492	4.9	0.02346	2.1	149.5	3.2
F28-1-12.1	0.20	813	336	17.2	0.43	0.05026	1.6	0.1645	3.0	0.02451	2.1	156.1	3.3
F28-1-13.1	0.51	723	223	14.8	0.32	0.04970	1.7	0.1494	4.5	0.02376	2.2	151.4	3.2
F28-1-14.1	0.19	771	326	16.2	0.44	0.04993	1.6	0.1628	3.1	0.02438	2.1	155.3	3.3
F28-1-15.1	0.33	366	108	7.80	0.31	0.05160	2.4	0.1670	3.4	0.02475	2.2	157.6	3.4
F28-1-16.1	0.25	618	381	12.8	0.64	0.05067	1.8	0.1613	3.0	0.02402	2.2	153.0	3.3
F28-1-17.1	0.08	819	330	17.0	0.42	0.04970	1.7	0.1635	2.8	0.02418	2.2	154.0	3.3
F28-1-18.1	0.00	671	289	13.9	0.44	0.05071	1.8	0.1687	2.8	0.02412	2.2	153.7	3.3
F28-1-19.1	0.09	867	563	18.1	0.67	0.04789	1.7	0.1583	2.9	0.02433	2.1	155.0	3.3
F28-1-20.1	0.22	834	814	16.7	1.01	0.05004	2.0	0.1548	3.1	0.02324	2.2	148.1	3.2

注: Pb_c 和 Pb* 分别表示普通铅和放射成因铅; 采用实测的 ²⁰⁴Pb 进行普通铅校正; 同位素比值的误差为 1σ 相对误差, 年龄误差为 1σ 绝对误差。

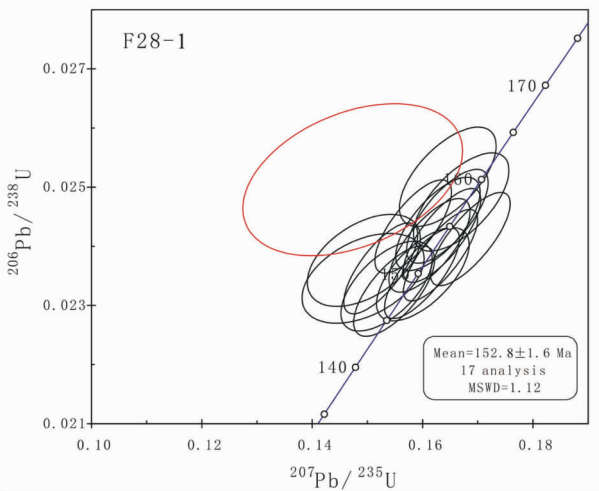


图 6 福建东山县澳角村澳角群亲营山组花岗质石榴黑云片麻岩锆石 SHRIMP U-Pb 谐和图
Fig.6 Zircon SHRIMP U-Pb concordia diagram of Qinyingshan Formation granitic gneiss at Aojiao Village, Dongshan County

依据。

(2)福建东山县澳角村澳角群亲营山组花岗质石榴黑云片麻岩锆石韵律环带表明其岩浆成因,原岩为花岗岩,属于变质侵入岩类。由此,建议亲营山组解体为表壳岩与变质侵入体两部分。

致谢:在福建野外工作期间,得到福建省地质调查院马金清院长、陈润生总工、聂童春高工与何道金工程师等的大力协助;在南京地质矿产研究所作薄片鉴定及电子探针时,姜杨与周洁两位工程师给予了热情相助与支持;在北京离子探针中心进行 SHRIMP U-Pb 同位素年龄测定时,刘勇博士帮助完成了部分锆石的年龄测定工作,闫全人研究员和杨之青研究员给予了有益的指导和帮助;论文在编写过程中,中国地质调查局发展研究中心伍光英研究员给予了大力支持,并提出了合理化建议;评审专家对论文提出了宝贵的修改意见。在此一并表示诚

挚的感谢!

参考文献 (References):

- [1] 中国地质调查局. 中华人民共和国 1:250 万地质图 [M]. 北京: 中国地质出版社, 2004.
China Bureau of Geological Survey, The 1:2500000 geological map of China [M]. Beijing: The Geographic Map Publication House, 2004(in Chinese).
- [2] 宋泳宪, 吴文清. 福建省地质[C]//马丽芳主编《中国地质图集》. 北京: 地质出版社, 2002.
Song Yongxian, Wu Wenqing. The geology of Fujian Province[C] // Ma Lifang et al (eds). The Geological Atlas of China. Beijing: Geological Publishing House, 2002(in Chinese).
- [3] Renne P R, Tobisch O T, Saleeby J B. Thermochronologic record of pluton emplacement, deformation, and exhumation at Courtright shear zone central Sierra Nevada, California [J]. *Geology*, 1993, 21: 331-334.
- [4] Compston W, Williams I S, Meyer C. U-Pb geochronology of zircons from lunar breccia 73217 using a sensitive high mass-resolution ion microprobe [J]. *J. Geophysical Research*, 1984, 89 (Supp.): 325-534.
- [5] Compston W, Williams I S, Kirschvink J L, et al. Zircon U-Pb ages for the early Cambrian time scale [J]. *J. Geological Society, London*, 1992, 149: 171-184.
- [6] Williams I S, Claesson S. Isotopic evidence for the Precambrian provenance and Caledonian metamorphism of high grade paragneisses from the Seve Nappes, Scandinavian Caledonides: II. Ion microprobe zircon U-Th-Pb [J]. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 1987, 97: 205-217.
- [7] Williams I S. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe [J]. *Reviews in Economic Geology*, 1998, 7: 1-35.
- [8] Ludwig K R. *Squid 1.02: A user manual*. Berkeley Geochronological Center Special Publication 2, 2001: 19.
- [9] Ludwig K R. *Using Isoplot/EX, version 2, A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel* [M]. Berkeley Geochronological Center Special Publication 1a, 1999: 47.
- [10] 董传万, 张登荣, 徐夕生, 等. 福建晋江中-基性岩墙群的锆石 SHRIMP U-Pb 定年和岩石地球化学 [J]. *岩石学报*, 2006, 22 (6): 1696-1702.
Dong Chuanwan, Zhang Dengrong, Xu Xisheng et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating and petrogeochemistry of the basic dikes in Jinjiang of Fujian Province [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2006, 22(6): 1696-1702(in Chinese with English abstract).

Zircon U-Pb SHRIMP isotopic dating of granitic garnet-biotite gneiss of the Aojiao Group at Aojiao Village of Dongshan County, Fujian Province, and its geological significance

FENG Yan-fang^{1,2}, DENG Jin-fu^{1,2}, XIAO Qing-hui^{1,2}, XING Guang-fu³, LU Song-nian^{2,4},
CUI Xian-yue⁵, GONG Fan-ying¹, ZHEN Shi-min¹, JIA De-long¹, QI Fan-yu¹

(1. College of Earth Sciences and Mineral Resource, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Development and Research Center, China Geological Survey, Beijing 100037, China; 3. Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing 210016, Jiangsu, China; 4. Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170, China; 5. China National Geological & Mining Corporation, Beijing 100029, China)

Abstract: In this paper the authors conducted zircon U-Pb SHRIMP isotopic dating of the granitic garnet-biotite gneiss of the Aojiao Group at Aojiao Village of Dongshan County in Fujian Province. The Th/U ratios in the range of 0.31-1.01 (0.48 on average) show that the zircon is a typical magmatic mineral. The weighted mean ²⁰⁶Pb/²³⁸U age is 152.8±1.6 Ma (n=17, MSWD=1.12), which is considered to be the formation age of the gneiss. Some conclusions have been reached: (1) The granitic garnet-biotite gneiss of the Aojiao Group was formed in late Jurassic rather than in pre-Devonian; (2) the Qinyingshan Formation of the Aojiao Group should be divided into metamorphic intrusions and metamorphic sedimentary strata.

Key words: Dongshan County of Fujian Province; Qinyingshan Formation of Aojiao Group; granitic garnet-biotite gneiss; geological significance

About the first author: FENG Yan-fang, female, born in 1973, senior engineer, engages in the study of magmatic rocks; E-mail: fyanfang@mail.cgs.gov.cn.