

大别山岳西县石关混合岩锆石 SHRIMP 定年及其地质意义

夏斌^{1,2)}, 蔡周荣¹⁾, 张玉泉²⁾, 钟立峰²⁾, 吴维平³⁾, 王洪²⁾, 刘立文²⁾, 杨之青⁴⁾, 董春艳⁴⁾

1) 中山大学海洋学院, 广州, 510006; 2) 中国科学院广州地球化学研究所, 广州, 510640;
3) 安徽省地质调查院, 合肥, 230001; 4) 中国地质科学院地质研究所北京离子探针中心, 北京, 100037

内容提要:安徽岳西县石关混合岩属于原北大别变质杂岩的一部分。锆石 SHRIMP U-Pb 定年结果: 第一次变质时间为 232 Ma, 相当于晚三叠世早期, 第二次变质时间为 207 Ma, 相当于晚三叠世晚期。复合锆石的核部(继承锆石)为发育韵律环带的岩浆碎屑锆石, 其年龄值分别为 560 Ma、444 Ma、394 Ma、378 Ma 和 331 Ma, 暗示其原岩非岩浆岩, 而应为沉积岩; 研究结果还表明, 北大别石关混合岩经历了两次变质作用: ①超高压变质作用, 变质时间为 232 Ma($n=5$ 加权平均年龄); ②退变质作用, 时间为 207 Ma。与苏鲁地区超高压变质和退变质时间一致。

关键词: 锆石 SHRIMP U-Pb 定年; 混合岩; 岳西石关; 大别超高压变质带

大别杂岩由灰色片麻岩、斜长角闪岩、变质镁铁—超镁铁质岩、榴辉岩、绿辉石大理岩和石英硬玉岩以及混合岩等组成。其中 70% 以上的体积是所谓的灰色片麻岩(陈道公等, 2000)。前述的岩石年代学研究, 从上个世纪 80 年代就已开始, 其研究对象多集中于榴辉岩(张树业等, 1989; 李曙光等, 1989, 1997; Erest et al., 1991; Ernst, 1995; Okay et al., 1993; Ames et al., 1993, 1996; 杨巍然等, 1994; 张泽明等, 1994; 曹荣龙等, 1995; 刘若新等, 1995; Hacker et al., 1998; 简平等, 1999; Carswell et al., 2000; 程裕淇等, 2000; Li et al., 2000) 和片麻岩(刘晓春等, 1996; 陈能松等, 1996; Xue et al., 1997; Rowley et al., 1997; 徐树桐等, 1998; Hacker et al., 1998; Xie et al., 1998; Yang et al., 1998; 郑祥身等, 1999; 谢智等, 1999; 陈道公等, 2000; 王强等, 2000; 刘贻灿等, 2000, 2005; 程裕淇等, 2001; 吴元保等, 2001; 张宏飞等, 2001; 刘福来等, 2003; 夏斌等, 2008, 2009), 也涉及到一些变质超镁铁质岩(郑建平, 2007)等。本文为探讨石关混合岩原岩属性和变质时代, 在借鉴和参考前人定年工作之后, 开展石关混合岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年研究。

1 地质概况

大别造山带西延秦岭, 东为郯-庐断裂所截, 与

郯-庐断裂东侧的苏-鲁造山带相对应, 处于中国中央造山带的中东段(图 1)。根据变质时间和变质程度的不同, 将大别山地区的中晚三叠世(240~200 Ma)变质的岩系划分为: I—北淮阳浅变质带; II—大别超高压(UHP)变质带, 包括原北大别变质杂岩(核杂岩—CC)和南大别超高压(UHP)变质带; III—宿松高压(HP)变质带。北淮阳岩带: 由卢镇关群、佛子岭群等中—浅变质岩系和石炭系组成; 大别超高压(UHP)变质岩带: 主要由灰色片麻岩、斜长角闪岩、麻粒岩、变质镁铁—超镁铁岩、榴辉岩、石英硬玉岩和大理岩以及混合岩等组成; 宿松岩带: 由云母石英片岩、石墨片岩、石英岩、大理岩和变质磷块岩等组成。

2 锆石 SHRIMP 定年

本文选锆石的混合岩样品, 采自岳西县石关西南, 105 国道 1256.1 km 处(N34°22'22", E117°031'20") (如图 2)。岩石灰白色, 具片麻状构造, 中细粒等粒结构, 深色和浅色的矿物各成条带, 显示原岩有层理的现象(不一定是层理), 由钾长石、斜长石、石英和黑云母等组成。

2.1 锆石分选

本文定年锆石的分选: 在分选过程中, 为尽量排除交叉混样, 采用下列流程: ①先把 0.5 kg 左右的样品破碎成约 1 cm³ 的小块; ②把碎好的样品放入

注: 本文为国家自然科学基金重点项目(编号 40534019)成果资助。

收稿日期: 2009-03-04; 改回日期: 2009-08-07; 责任编辑: 周健。

作者简介: 夏斌, 男, 1959 年生。博士, 研究员, 主要从事构造地质与油气资源研究。通讯作者: 蔡周荣, Email: czhrs@qq.com。

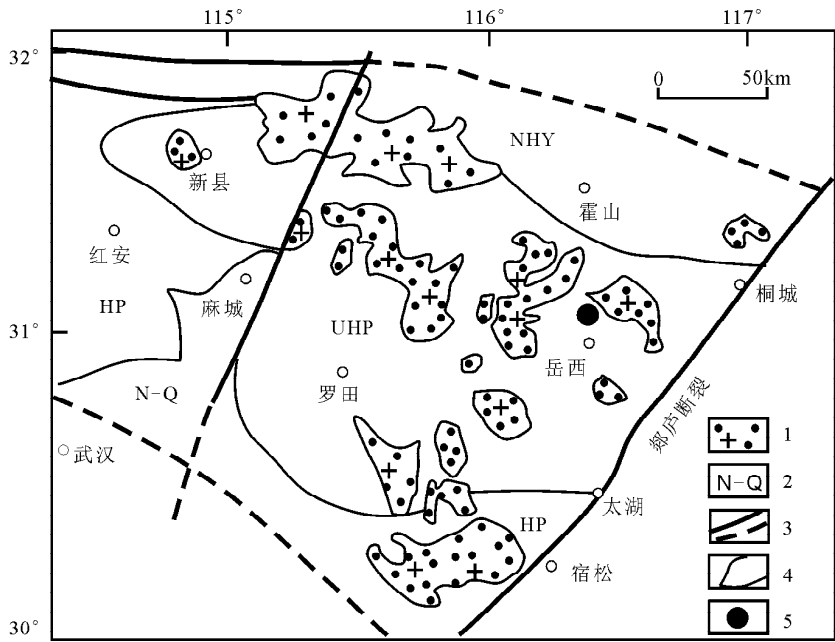


图 1 大别山构造地质简图(据张宏飞等,2001,略加修改)

Fig. 1 Regional geological map of Dabie Mountains (modified from Zhang Hongfei et al. ,2001)
NHY—北淮阳构造带;UHP—超高压变质单元;HP—高压变质单元;1—燕山期花岗岩;2—第三系—第四系;

3—断层;4—地质界线;5—样品位置

NHY—The tectonic belt of northern Huaiyang;UHP—the metamorphic unit of ultra-high pressure;HP—the metamorphic unit of high pressure;1—the granite of Yanshanian;2—Tertiary—Quaternary;3—fault;4—geological boundary;5—sampling location



图 2 采样位置图(105 国道 1256.1 km 处)

Fig. 2 Map of the sampling points
(1256.1 km, in 105 National Road)

振动磨样机中(1.1/0.75 kW)研磨 5~8 s 后取出,此过程反复进行到样品全部通过 0.3 mm 孔径筛;③洗去粉尘,经铝制淘砂盘富集重矿物,烘干;④通过磁选、电磁选;⑤把非电磁部分,再淘洗获得锆石精矿;⑥在双目镜下挑选出用于定年的锆石。

2.2 分析方法和精度

锆石 SHRIMP U-Pb 年龄是在中国地质科学

院北京离子探针中心测定的。将样品锆石和标样锆石(TEM, 417 Ma)一起在玻璃板上用环氧树脂固定,抛光到暴露出锆石的中心面,用反光、透光照相后,喷沫再照阴极(CL)发光相,然后镀金,即可进行 SHRIMP U-Pb 年龄测定。根据锆石的成因类型和研究目的,再确定要测定的点,测定时尽量避开裂纹和包裹体。详细的实验流程和原理参考 Compston 等(1984)、Williams(1992)、宋彪等(2002)文献。数据处理采用 Squid 和 Isplot 程序,应用实测²⁰⁴Pb 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²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄,其加权平均值为 95%的置信度。

2.3 分析结果

岳西县石关混合岩中锆石阴极发光图像(图 3)显示,锆石在结构上有两层(核、壳)和三层(核、幔、壳)之分。在两层结构中的核和三层结构中的幔,均为第一次变质时结晶的锆石,其 Th、U 含量相对较高,表现在阴极发光图像呈灰黑色。在具核、幔、壳三层结构发育的锆石,核部为具有韵律环带的岩浆碎屑锆石。在前述的认识基础上,本文锆石 SHRIMP U-Pb 定年,共测定 7 个颗粒 11 个点:①变质锆石共测定 6 个点;其中壳 1 个测点(图 3a1-2),Th 的含量为 3

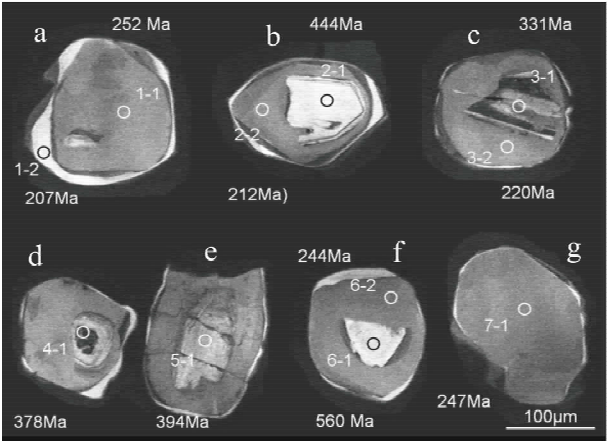


图 3 石关混合岩中的锆石阴极发光(CL)图像和测点位置
Fig. 3 Cathode luminescence images and measuring points of zircons in migmatite from Shiguan

$\mu\text{g/g}$, U 的含量为 $72\ \mu\text{g/g}$, $\text{Th}/\text{U}=0.04$, 年龄值为 $207\pm11\ \text{Ma}$; 在两层结构的核和三层结构的幔共测定 5 个点(图 3g7-1、a1-1、b2-2、c3-2 和 f6-2), Th 的含量变化范围为 $3\sim20\ \mu\text{g/g}$, U 的含量变化范围为 $122\sim196\ \mu\text{g/g}$, Th/U 值为 $0.04\sim0.12$, 加权平均($n=5$)年龄为 $232\pm23\ \text{Ma}$ ($\text{MSWD}=7.8$)(图 4); ②继承锆石(老核)5 个测点, 其年龄值分别为 $560\ \text{Ma}$ 、 $444\ \text{Ma}$ 、 $394\ \text{Ma}$ 、 $378\ \text{Ma}$ 和 $331\ \text{Ma}$ 等, 以及高含量的 Th($55\sim593\ \mu\text{g/g}$)和具有大的钍铀比($\text{Th}/\text{U}=0.40\sim1.09$)为特征, 有别于变质锆石。

3 结果讨论

3.1 原岩属性

根据野外和室内研究结果表明: ①石关混合岩中锆石, 多为变质锆石和具有老核新壳的变质复合锆石, 老核(继承锆石)多为发育韵律环带的岩浆碎

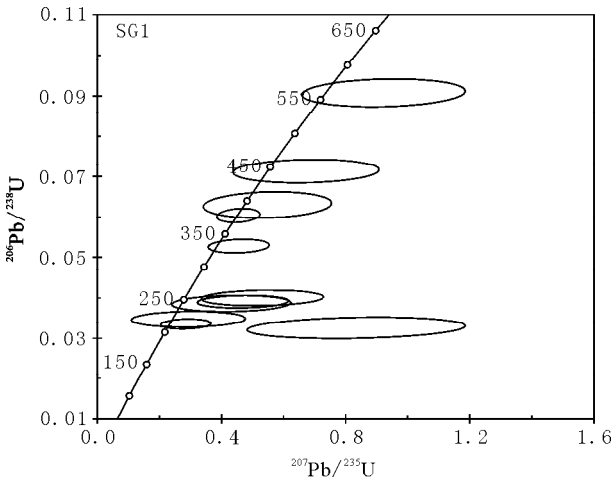


图 4 石关混和岩样品锆石 U-Pb 谐和图
Fig. 4 Concordia diagrams showing SHRIMP U-Pb dating of migmatite from Shiguan

屑锆石。SHRIMP 定年结果还表明, 它们是多时代的(新元古代—古生代)。而多时代的岩浆碎屑锆石集中在一起, 说明其寄主岩不可能是岩浆岩, 只能是沉积岩; ②该变质岩石, 发育宽、窄不等的黑、白条带, 反映其原岩在沉积时, 层与层之间在成分上的差异, 在后来的中晚三叠世变质时就呈现黑(黑云母、角闪石等)、白(长石、石英等)条带, 而黑、白条带之间, 也就是原沉积岩的层理, 与苏鲁地区的石桥黑云母石英片岩, 还保留有原岩层理是一致的, 亦与该区经过超高压变质的绿辉石大理岩和石英硬玉岩(吴维平等, 1998)保留原沉积岩层理也是一致的, 而非变质分异的结果。因此, 前述的现象均表明岳西县石关混合岩的原岩是沉积岩。

3.2 石关混合岩成岩和原岩时代

前述资料表明石关混合岩原岩为沉积岩。因

表 1 石关混合岩中锆石 SHRIMP U-Pb 定年数据
Table 1 SHRIMP U-Pb data of zircons in migmatite from Shiguan

测点	$^{206}\text{Pb}_\text{c}$ (%)	U ($\times 10^{-6}$)	Th ($\times 10^{-6}$)	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*$ ($\times 10^{-6}$)	$^{207}\text{Pb}^*$ / $^{206}\text{Pb}^*$	$\pm\%$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm\%$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	$\pm\%$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄(Ma)	$\pm\%$
SG1-1-1	3.09	165	19	0.12	5.85	0.097	24	0.53	24	0.0400	3.1	252.8	7.8
SG1-1-2	14.84	72	3	0.04	2.36	0.186	27	0.83	28	0.0326	5.4	207	11
SG1-2-1	3.87	125	58	0.48	7.98	0.068	23	0.67	23	0.0713	2.7	444	11
SG1-2-2	3.25	196	11	0.06	5.84	0.062	18	0.285	19	0.03358	2.4	212.9	5.1
SG1-3-1	3.12	225	88	0.40	10.5	0.0626	14	0.456	14	0.0528	2.1	331.7	6.9
SG1-3-2	6.46	144	14	0.10	4.61	0.061	41	0.29	41	0.0348	3.7	220.3	8.0
SG1-4-1	2.21	560	593	1.09	29.7	0.0546	10.0	0.455	10	0.0604	1.9	378.2	6.9
SG1-5-1	6.21	134	76	0.59	7.71	0.063	25	0.55	25	0.0630	3.4	394	13
SG1-6-1	3.99	102	55	0.55	8.32	0.074	19	0.92	19	0.0907	2.5	560	13
SG1-6-2	6.01	122	8	0.07	4.32	0.081	29	0.43	29	0.0386	3.4	244.4	8.1
SG1-7-1	3.83	169	20	0.12	5.89	0.087	20	0.469	21	0.0391	2.6	247.1	6.3

此,其变质时间也就是它的成岩时间。根据锆石 SHRIMP 定年结果表明(图 4),其成岩时间为 232~207 Ma,属于印支期,相当于中晚三叠世;原岩时代:据锆石定年结果,继承锆石 SHRIMP U-Pb 年龄分别为新元古代(560 Ma)、早古生代(444 Ma)和晚古生代(394 Ma、378 Ma 和 331 Ma)等,表明石关混合岩的原岩沉积岩,其沉积结束时间至少不会早于古生代,而应该是在晚古生代。

3.3 石关混合岩锆石结构特征及年龄意义

石关混合岩中锆石,呈淡黄色到无色、较透明,晶体自形程度差,多呈不规则的粒状、圆粒状。从阴极发光图像(CL)(图 3)所显示的成因类型,多为变质复合锆石。在结构上,有核、壳两层结构(图 3g)和核、幔、壳三层结构(图 3a、b、c、d、e、f)。前者的核和后者的幔,为同一次变质时结晶的锆石,U、Th 含量高,在阴极发光(CL)图像上呈灰黑色。其 232 Ma 的年龄,反映超高压变质时间;壳是第二次变质时结晶的锆石,其 207 Ma 的年龄反映退变质时间。前述年龄表明,属于原大别杂岩的石关混合岩,同样经历过超高压变质作用和退变质作用的过程,亦表明石关混合岩所属的大别杂岩,与南大别(刘敦一等,2004)、苏-鲁超高压变质带(刘福来等,2003)具有相同的变质演化史。所以原大别杂岩的范围也就是超高压变质岩带(UHP)的范围。因此,本文将南大别超高压变质带和北大别杂岩合并为大别超高压(UHP)变质带(如图 1 所示)。

致谢:本次工作得到安徽省地质调查研究院徐树桐教授、中国地质大学(武汉)马昌前教授、中国地质科学院北京离子探针中心刘敦一研究员、万渝生研究员等大力支持和帮助,以及两位审稿专家,对本文修改提出许多具体意见,在此一并致谢。

参 考 文 献

曹荣龙,朱寿华.1995.安徽碧溪岭榴辉岩的 U-Pb 与 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学研究.地球化学,24(2):151~156.

陈道公,Isachsen C,支霞臣,等.2000.安徽潜山片麻岩锆石 U-Pb 年龄.科学通报,45(2):214~217.

陈能松,游振东,索书田.1996.大别山区中酸性麻粒岩和变形花岗岩的锆石 U-Pb 年龄.科学通报,41(11):1099~1012.

程裕淇,刘敦一,Willams I S,等.2000.大别山碧溪岭深色榴辉岩和片麻状花岗质岩石 SHRIMP 分析.地质学报,74(3):193~205.

程裕淇,刘敦一,Williams I S,等.2001.大别山碧溪岭深色片麻岩和片麻状花岗质岩石 SHRIMP 分析.地质学报,74(3):193~205.

简平,杨巍然.1999.大别山西部兰闪榴辉岩 U-Pb 测年.岩石矿物学杂志,18(1):8~13.

李曙光,葛宁洁,刘德良,等.1989.大别山北翼大别中 C 型榴辉岩的 Sm-Nd 同位素年龄及其构造意义.科学通报,7:522~525.

李曙光,李惠民,陈移之.1997.大别—苏鲁地体超高压变质年代学—II 锆石 U-Pb 同位素体系.中国科学(D 辑),27(3):200~206.

刘敦一,简平.2004.大别山双河硬玉石英岩的超高压变质和退变质事件——SHRIMP 测年的证据.地质学报,78(2):211~217.

刘福来,许志琴,宋彪.2003.苏鲁地体超高压和退变质时代的厘定:来自片麻岩锆石微区 SHRIMP U-Pb 定年的证据.地质学报,77:229~237.

刘若新,樊琪诚,李惠民,等.1995.大别山碧溪岭石榴橄榄-榴辉岩体的原岩性质及同位素年代学启示.岩石学报,11(3):243~256.

刘晓春,李惠民,左义成.1996.大别山超高压石榴多硅白云母片麻岩中锆石 U-Pb 年龄.矿物岩石地球化学通报,15(1):10~13.

刘贻灿,李曙光,徐树桐.2000.大别山北部榴辉岩和英云闪长质片麻岩锆石 U-Pb 年龄及多期变质增生.高校地质学报,6(3):417~423.

刘贻灿,李曙光.2005.大别山下地壳岩石及其深俯冲.岩石学报,21(4):1059~1066.

宋彪,张玉海,万渝生.2002.锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论.地质论评,48(增刊):26~30.

王强,许继峰,王建新,等.2000.北大别山 adakite 型灰色片麻岩的确定及其与超高压变质作用的关系.科学通报,45(10):1017~1023.

吴维平,徐树桐,江来利,等.1998.中国东部大别山超高压变质杂岩中的石英硬玉岩带.岩石学报,14(1):60~70.

吴元保,陈道公,夏群科,等.2001.大别山双河地区花岗质片麻岩的离子探针定年.矿物岩石地球化学通报,2(4):298~301.

夏斌,李建峰,张玉泉,等.2008.江苏东海县磨山片麻状碱性花岗岩锆石 SHRIMP 定年研究.地质学报,82(8):1052~1055.

夏斌,林清茶,张玉泉,等.2009.印度与欧亚两大陆块碰撞时间的厘定:来自锆石 SHRIMP U-Pb 年龄的证据.地质学报,83(3):347~352.

谢智,陈江峰,周泰禧.1999.大别造山带南部浅变质岩的锆石 U-Pb 年龄.地球学报,20(4):335~340.

徐树桐,吴维平,苏文,等.1998.大别山东部榴辉岩带中的变质花岗岩及其大地构造意义.岩石学报,14:42~59.

杨巍然,王林森,韩郁菁,等.1994.大别山兰片岩-榴辉岩年代学研究.杭州:浙江大学出版社,175~186.

张宏飞,钟增球,高山,等.2001.大别山西部面理化含榴花岗岩锆石 U-Pb 年龄.科学通报,46(10):843~846.

张树业,康维国.1989.华中兰片岩带的特征及形成年龄的讨论.长春地质学院学报(鄂皖兰片岩带专辑):1~9.

张泽明,游振东,韩郁菁.1994.华中榴辉岩带地球化学和年代学研究.矿物学报,14(3):215~222.

郑建平,孙敏,Griffin W L,等.2007.大别造山带碧溪岭橄榄岩中锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素研究.岩石学报,23(2):343~350.

郑祥身,金成伟,翟明国,等.1999.北大别灰色片麻岩的岩石化学特征及大地构造背景.岩石学报,15(3):350~358.

Ames L, Tilton G R, Zhou G. 1993. Timing of collision of the Sino-Korean and Yangtze cratons: U-Pb zircon dating of coesite-bearing eclogites. Geology, 21:339~342.

Ames L, Zhou G, Xiong G. 1996. Geochronology and geochemistry

- of ultra-high-pressure metamorphism with implications for collision of the Sino-Korean and Yangtze cratons, central China. *Tectonics*, 15:472~489.
- Carswell D A, Wilson R N, Zhai M. 2000. Metamorphic evolution mineral chemistry and thermobarometry of schists and orthogneisses hosting ultra-high pressure eclogites in the Dabieshan of central China. *Lithos*, 52:121~55.
- Compton W, Williams I S, Meyer C. 1984. U-Pb geochronology of zircons from lunar breccia 73217 using a sensitive high mass-resolution ion microprobe. *Geophys. Res.*, 89:B525~B534.
- Ernst W G, Zhou G, Liu J G, et al. 1991. High pressure and superhigh pressure metamorphic trends in the Qinling-Dabie mountain belt, central China; early-to-mid Phanerozoic accretions of the western Paleo-Pacific rim. *Pacific Science Associations Information Bulletin*, 43:6~15.
- Ernst W G, Liu J G. 1995. Contrasting plate-tectonic styles of the Qinling-Dabie-Sulu and Franciscan metamorphic belts. *Geology*, 23:352~356.
- Hacker B R, Ratschbacher I, Webb L, et al. 1998. U/Pb zircon ages constrain the architecture of the ultrahigh-pressure Qinling-Dabie Orogen, China. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 161: 215~230.
- Li Shuguang, Jagoutz E, Chen Yizhi, et al. 2000. Sm-Nd and Rb-Sr isotopic chronology and cooling history of ultrahigh pressure metamorphic rocks and their country rocks at Shuanghe in the Dabie Mountains, central China. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 64: 1077~1093.
- Okay A I, Sengor A M C, Satir M. 1993. Tectonics of ultrahigh-pressure metamorphic terrane; the Dabie Shan /Tongbai Shan orogen, China. *Tectonic*, 12:1320~1334.
- Rowley D B, Xue F, Turker R D, et al. 1997. Age of ultrahigh pressure metamorphism and protolith orthogneisses from the eastern Dabie Shan: U/Pb zircon geochemistry. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 151:191~203.
- Williams I S. 1992. Some observations on the use of zircon U-Pb geochronology in the study of granite rocks. *Trans. R. Soc. Edinburgh-Earth Sci.*, 83:447~458.
- Xie Z, Chen J, Zhou T. 1998. U-Pb zircon ages of rocks in north Dabie terrain, China. *Scientia Geologica Sinica*, 7(4): 501~512.
- Xue F, Rowley D B, Turker R D. 1997. U-Pb zircon ages of granitoid rocks in the North Dabie complex, eastern Dabieshan, China. *Journal of Geology*, 105:744~753.
- Yang Weiran, Jian Ping. 1998. Chronological study of Caledonian granulite and high-pressure gneiss in the Dabie Mountains. *Acta Geologica Sinica*, 72(3):264~270.

SHRIMP U-Pb Dating of Migmatite in Shiguan of Yuexi County, Dabie Mountains and Its Geological Significance

XIA Bin^{1,2)}, CAI Zhourong¹⁾, ZHANG Yuquan²⁾, ZHONG Lifeng²⁾, WU Weiping³⁾,
WANG Hong²⁾, LIU Liwen²⁾, YANG Zhiqing⁴⁾, DONG Chunyan⁴⁾

1) *Maritime Academy of Sun Yat-Sen University, Guangzhou*, 510006;

2) *Guangzhou Institute of Geochemistry, Guangzhou*, 510640;

3) *Anhui Geological Survey, Hefei*, 230001;

4) *Beijing SHRIMP Center, Beijing*, 100037

Abstract

Shiguan migmatite of Yuexi County is part of former North Dabie Complex. The zircon SHRIMP U-Pb dating shows: the first metamorphism occurred at 232 Ma, equivalent to early period of Late Triassic, and the second metamorphic at 207 Ma, equivalent to late period of Late Triassic. Magmatic detrital zircons with well developed rhythmic zoning constitutes the core of the composite zircon and have the ages of 560, 444, 394, 378 and 331 Ma respectively, suggesting that protolith was not magmatic rock instead of sedimentary rock. Research also shows that the Shiguan migmatite of the North Dabie has gone through two metamorphisms: (1) ultra-high pressure metamorphism at the time of 232 Ma ($n=5$, mean age) and 2) retrograde metamorphism at 207 Ma. The two ages of metamorphism are consistent with the time of ultrahigh-pressure metamorphic and retrograde metamorphism in Sulu region.

Key words: SHRIMP dating; zircon; migmatite; Shiguan; Yuexi County; Anhui Province; the ultra-high pressure metamorphic belt of Dabie Mountains