

# 安徽潜山县双河大理岩锆石 U-Pb 年龄及其地质意义

夏斌<sup>1,2)</sup>, 袁亚娟<sup>1,4)</sup>, 张玉泉<sup>1)</sup>, 王敏<sup>1)</sup>, 夏连泽<sup>2)</sup>, 李贺<sup>1,4)</sup>, 汪方跃<sup>1)</sup>, 张红<sup>1)</sup>, 吴维平<sup>3)</sup>

1) 中国科学院广州地球化学研究所, 广州, 510640; 2) 中山大学海洋学院, 广州, 510275;

3) 安徽省地质调查院, 合肥, 230001; 4) 中国科学院研究生院, 北京, 100049

**内容提要:** 本文分析了安徽潜山双河大理岩的岩石化学成分、微量元素和稀土元素, 并通过锆石“CL”图像, 确定变质锆石和变质复合锆石测点位置。定年结果: ①变质复合锆石中老核“继承锆石”, 共测定 32 个点, 年龄范围在 2357~342 Ma; 属于元古宙的 15 个, 年龄范围在 2357~572 Ma, 古生代 17 个, 年龄范围在 524~342 Ma; ②变质锆石共测定 8 个点, 其中 5 个点年龄范围在 249~234 Ma, 相当超高压变质时间, 年龄范围在 228~221 Ma, 即退变质时间。前述大量古生代的岩浆碎屑锆石(继承锆石)的存在, 表明双河大理岩的原岩泥灰岩, 时代不会早于古生代。

**关键词:** 锆石 U-Pb 年龄; 大理岩; 双河; 潜山县; 安徽省

处在扬子克拉通北缘和华北克拉通南缘之间的大别-苏鲁超高压变质带中的大理岩, 是超高压变质单元中主要的岩石类型之一(钟增球等, 2001; 杨启军等, 2004)。在双河地区的大理岩与片麻岩及硬玉石英岩等互层(李曙光等, 1997; 安徽省地质科学研究所等, 2000)。类似的在太湖县石马乡大理岩和片麻岩亦反复互层, 它们之间为整合过渡(刘晓春等, 1995)。因此, 研究大理岩的成岩和原岩泥灰岩(吴维平等, 1998)的时代, 有助于该区片麻岩和硬玉石英岩原岩时代的了解。所以从上个世纪 90 年代中晚期, 开始用 U-Pb 法测定大理岩的原岩时代(Zheng et al., 1997), 及其岩石、矿物和元素地球化学等相关的研究(周存亭等, 1995)等。本文在前人的工作基础上, 着重锆石的成因类型和定年研究。

## 1 地质、岩石简况

位于大别-苏鲁超高压变质带中的双河大理岩, 与它的围岩片麻岩(为灰和灰褐色薄—中厚层中细粒二云斜长片麻岩), 在太湖幅 1/20 万区域地质调查报告中划归大别山群桥岭组(Anzq)<sup>①</sup>。本文定年的大理岩, 样品采自牌楼镇双河村小水库西侧山坡(N30°38.016', E116°24.720')(图 1), 呈层状产出。岩石灰白色, 造岩矿物由方解石、白云母、透辉石、金云母和

石榴子石等组成。

## 2 元素地球化学特征

双河大理岩样品的化学分析在中国科学院广州地球化学研究所用 Varian Vista-PRO 型 ICP-MS (CCD 全谱直读 ICP-MS) 测定, 所有氧化物分析误差 (RSD) 小于 5%。微量元素包括稀土元素, 在中国科学院广州地球化学研究所超净化实验室用 PE-Elan 6000 型 ICP-MS 测试, 元素误差小于 10%。岩石化学成分和微量元素(包括稀土元素)分析结果如表 1。

岩石化学: 从表 1 可以看出, 本文大理岩和邻区大理岩(程裕淇等, 2002), 在岩石化学成分组成上变化范围较大, 尤其是含量高的 SiO<sub>2</sub> (7.75%~16.03%)、CaO (39.82%~45.16%) 和 CO<sub>2</sub> (30.33%~37.60%) 等, 显示不同地区和同一地区不同层位的大理岩的成分都是不纯的; 从表 1 和微量元素蛛网图中(图 2)可看出, 微量元素富集大离子亲石元素 Rb、Sr、Ba、Th、U 等和 Pb, 贫 Nb、Ta、Zr、Hf 等高场强元素。与同一地区的片麻岩相比, 在大理岩中除 Sr 含量为 1434×10<sup>-6</sup>(片麻岩 234×10<sup>-6</sup>, 袁亚娟等<sup>②</sup>), 远大于片麻岩中的含量, Pb 含量与片麻岩中的含量相近, 为 12.4×10<sup>-6</sup>(片麻岩 11.2×10<sup>-6</sup>)<sup>③</sup>外, 其余的大离子亲石元素: Rb 7.5

注: 本文为国家重点基础研究发展计划“973”项目(编号 2009CB219401)和中国科学院知识创新项目(编号 0734021)联合资助的成果。

收稿日期: 2011-09-13; 改回日期: 2012-01-29; 责任编辑: 周健。

作者简介: 夏斌, 男, 1959 年生。博士, 教授, 构造地质专业。通讯作者: 袁亚娟, 女, 1986 年生。博士研究生, 构造地质专业。Email: yjli924@163.com。

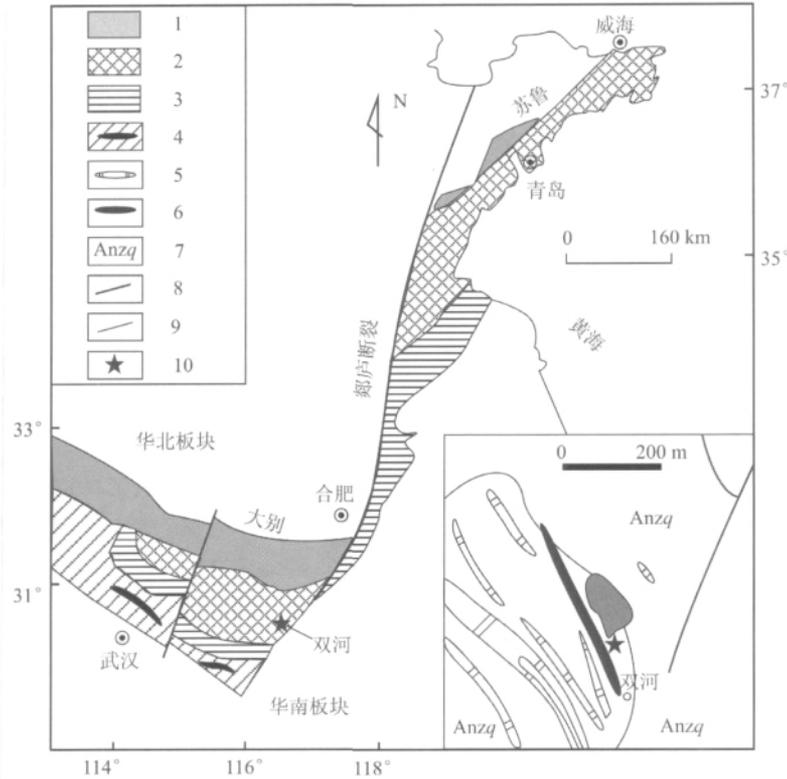


图 1 双河地区地质简图(据安徽省地质科学研究所等,2000)

Fig.1 Simplified geological map of the Shuanghe area (after Anhui Institute of Geology et al.,2000)

1—低级变质带; 2—超高压单元; 3—高压带; 4—高压蓝片岩带; 5—大理岩;  
6—硬玉石英岩; 7—桥岭组; 8—断裂; 9—河流; 10—采样点

1—Low grade metamorphic belt; 2—ultrahigh-pressure belt; 3—high-pressure belt; 4—high-pressure blueschist belt;  
5—marble; 6—jadeite-quartzite; 7—Qianling Formation; 8—fault; 9—rivers; 10—sampling location

表 1 双河大理岩主量元素(%)和微量元素含量( $\times 10^{-6}$ )

Table 1 Representative composition of major (%) and trace element ( $\times 10^{-6}$ ) in Shuanghe marble

样号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	Total
Cp2-1	11.67	0.16	2.98	1.50	0.03	1.37	45.16	0.44	0.57	0.12	34.56	98.56
Cp5-2	16.03	0.19	3.88	1.89	0.03	3.19	39.82	0.43	1.08	0.11	30.33	96.98
SH-1	7.75	0.11	1.85	1.27	0.03	1.20	47.66	0.40	0.24	0.08	37.60	98.33
	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr
SH-1	3.0	16	17	4.4	8	11.5	26	2.93	7.5	1435	5.5	30
	Nb	Ba	Hf	Pb	Th	U	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu
SH-1	1.0	130	0.7	12.4	0.7	0.6	16	32.4	3.54	12.4	2.36	0.52
	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	TREE	L/H	$\delta$ Eu	La/Yb
SH-1	2.01	0.22	1.02	0.19	0.48	0.06	0.36	0.05	71.61	15.2	0.73	29.2

注: Cp2-1、Cp5-2 据程裕淇等(2002)。

$\times 10^{-6}$  (片麻岩  $45.3 \times 10^{-6}$ )<sup>②</sup>、Ba  $130 \times 10^{-6}$  (片麻岩  $554 \times 10^{-6}$ )<sup>②</sup>、Th  $0.7 \times 10^{-6}$  (片麻岩  $5 \times 10^{-6}$ )<sup>②</sup>、U  $0.6 \times 10^{-6}$  (片麻岩  $1.2 \times 10^{-6}$ )<sup>②</sup> 和高场强元素: Nb  $1 \times 10^{-6}$  (片麻岩  $3.6 \times 10^{-6}$ )<sup>②</sup>、Zr  $30 \times 10^{-6}$  (片麻岩  $189 \times 10^{-6}$ )<sup>②</sup>、Hf  $0.7 \times 10^{-6}$  (片麻岩  $0.4 \times 10^{-6}$ )<sup>②</sup> 等含量远低于片麻岩; 大理岩稀土元素含量相对较低, TREE =  $71.61 \times 10^{-6}$ , 特别富集

轻稀土, LREE/HREE = 15.2,  $\delta$ Eu = 0.73, 钕出现负异常, 稀土模式为右倾斜的曲线(图 3)。

### 3 锆石 U-Pb 年龄

#### 3.1 锆石分选

为了尽量排除交叉混样, 采用以下流程分选锆石(张玉泉等, 2004): 把 0.5 kg 左右的样品破碎成

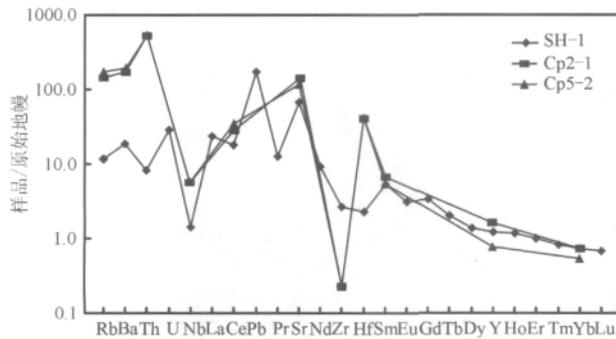


图 2 双河大理岩微量元素原始地幔标准化蛛网图  
(原始地幔标准化值据 Sun 等, 1989; Cp2-1、  
Cp5-2 据程裕淇等, 2002)

Fig. 2 Primitive mantle-normalized spider diagram  
for marble in Shuanghe area (the primitive mantle  
values from Sun et al., 1989; Cp2-1,  
Cp5-2 after Cheng et al., 2002)

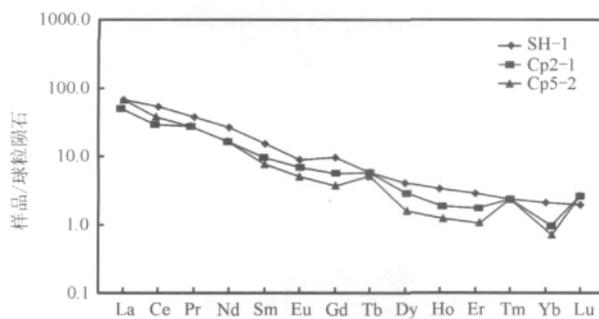


图 3 双河大理岩稀土元素球粒陨石标准化配分图  
(球粒陨石标准化值据 Sun 等, 1989; Cp2-1、  
Cp5-2 据程裕淇等, 2002)

Fig. 3 Chondrite-normalized REE distribution patterns  
for marble in Shuanghe area (the chondrite values  
from Sun et al., 1989; Cp2-1, Cp5-2  
after Cheng et al., 2002)

约  $1 \text{ cm}^3$  的小块, 放入直径为 20 cm 的不锈钢钵中, 在 XZW100 型振动磨样机中研磨 3~5 s 后取出, 此过程反复进行到样品全部通过 0.3 mm 的孔径筛, 洗去粉尘, 用铝制淘沙盆富集重矿物, 再通过磁选和电磁选, 将剩余非电磁部分再淘洗获得锆石精矿, 最后在双目镜下挑选出用于定年的锆石。

### 3.2 分析方法和精度

锆石 LA-ICP-MS 分析在中国科学院广州地球化学研究所同位素年代学和地球化学重点实验室完成。将锆石与标样 (TEM=417 Ma) 置于玻璃板上, 用环氧树脂固定制成样品靶, 然后磨至约一半, 使锆石内部暴露, 暴露出锆石的中心面, 喷碳沫照阴极 (CL) 发光相。再擦掉碳沫, 即可进行 LA-ICP-MS

U、Pb 同位素测定, 采用单点剥蚀的方法 (激光剥蚀斑束直径为  $31 \mu\text{m}$ , 频率为 8 Hz)。详细实验流程和数据处理见文献 (涂湘林等, 2011)。应用实测  $^{204}\text{Pb}$  校正锆石中的普通铅。单个数据点的误差均为  $1\sigma$ , 年龄  $> 800 \text{ Ma}$  的数据点采用  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  年龄, 年龄  $< 800 \text{ Ma}$  的数据点采用  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄, 其加权平均值为 95% 的置信度。

### 3.3 分析结果

潜山县双河大理岩中锆石阴极发光图像 (图 4) 显示: 在结构上, 既有核、幔、壳三层结构, 又有核、壳两层结构, 其中老核 (继承锆石) 为具有韵律环带的岩浆碎屑锆石。在前述的认识基础上, 本文对锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年, 共测定 40 个点, 有效点 38 个。老核 (继承锆石) 测定 32 个点, Th 的含量变化在  $43 \sim 634 \mu\text{g/g}$ , U 的含量变化在  $79 \sim 1067 \mu\text{g/g}$ 。钍铀比 (Th/U) 绝大部分大于 0.2。其中属于元古宙 15 个点, 年龄范围  $2357 \sim 572 \text{ Ma}$ ; 古生代 17 个点, 年龄范围  $524 \sim 342 \text{ Ma}$ ; 变质复合锆石的新壳 (变质锆石) 测定 6 个点, Th 的含量变化在  $6 \sim 10 \mu\text{g/g}$ , U 的含量变化在  $157 \sim 818 \mu\text{g/g}$ 。钍铀比 (Th/U) 小于 0.06。其年龄范围有两组: 一组是  $249 \sim 234 \text{ Ma}$ , 属于早中三叠世; 一组是  $228 \sim 221 \text{ Ma}$ , 相当于中晚三叠世 (表 2)。

## 4 结果讨论

### 4.1 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄和大理岩 U-Pb 年龄比较

本次大理岩中的锆石定年, 对 32 个“继承锆石”, 即岩浆碎屑锆石进行 LA-ICP-MS U-Pb 年龄测定: 其结果属于元古代的 15 个, 年龄范围在  $2357 \sim 572 \text{ Ma}$ ; 古生代 17 个, 年龄范围在  $524 \sim 342 \text{ Ma}$  (图 5)。尤其是后者, 与同一地区的大理岩 U-Pb 年龄为古生代 ( $435 \text{ Ma}$ ) (Zheng et al., 1997) 具一致性。

### 4.2 大理岩的原岩和成岩时代

大理岩的原岩泥灰岩 (吴维平等, 1998) 的时代: 从“继承锆石”微区定年结果可看出, 大量的古生代岩浆碎屑锆石 ( $572 \sim 342 \text{ Ma}$ ) 的存在, 表明双河地区及其邻区的大理岩的原岩时代不会早于古生代。这一认识与大理岩的 U-Pb 年龄为古生代 ( $435 \text{ Ma}$ ) 一致 (Zheng et al., 1997), 更进一步表明双河地区大理岩的原岩时代不会早于古生代。至于大理岩的成岩时代, 即大理岩的原岩泥灰岩第一次变质的时间即是它的成岩时间; 从变质复合锆石的幔部 (具核



图4 双河大理岩锆石的CL图像及测点位置

Fig. 4 Cathodoluminescence images of zircons from Shuanghe marble and sites of points for analyses

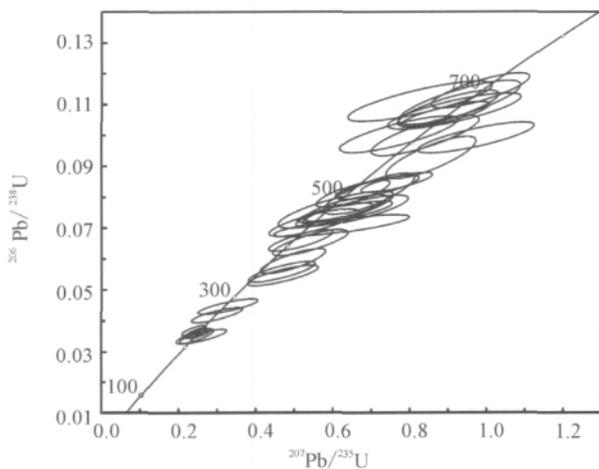


图5 双河大理岩锆石 U-Pb 谐和图

Fig. 5 Concordia diagram of U-Pb data for the zircon from marble in Shuanghe area

幔壳三层结构的变质复合锆石), 获得第一次变质时间: 超高压变质时间为 249~234 Ma, 属于早中三叠世, 即大理岩的成岩时间; 第二次变质时间: 退变质时间为 228~221 Ma, 相当于中晚三叠世。其结果与刘福来等(2006)测定的赋存于该区大理岩中的沉积变质的榴辉岩, 进变质—超高压变质时间为 249~231 Ma 和退变质时间为 219~211 Ma 一致。亦与刘敦一等(2004)用 SHRIMP 测定的双河硬玉石英岩 243 Ma 的超高压变质事件和 228 Ma 的退变质事件的年龄也完全一致等, 再一次证明在双河地区超高压变质单元的大理岩、硬玉石英岩和榴辉岩等岩石组合, 都经过了超高压变质和退变质(刘敦一等, 2004; 刘福来等, 2006)。

#### 4.3 赋存于大理岩中的榴辉岩原岩时代

在双河地区的榴辉岩, 它的原岩为典型的沉积岩, 并呈似层状、不规则的脉状和透镜体, 赋存于大

表 2 双河大理岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年数据

Table 2 LA-ICP-MS U-Pb dating results of zircons from marble in Shuanghe area

序号	测点	Pb ( $\times 10^{-6}$ )	Th ( $\times 10^{-6}$ )	U ( $\times 10^{-6}$ )	Th/U	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (Ma)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)
1	SH1-1	6	9	157	0.06	0.0550±54	0.2642±250	0.0350±9	413±216	222.1±5.8
2	SH1-2	10	9	264	0.03	0.0501±41	0.2432±199	0.0350±10	198±191	221.7±6.1
3	SH1-3	34	7	818	0.01	0.0483±24	0.2448±122	0.0361±7	122±106	228.7±4.4
4	SH1-4	22	6	517	0.01	0.0468±25	0.2401±126	0.0369±7	39±122	233.8±4.2
5	SH1-5	21	10	512	0.02	0.0507±26	0.2525±135	0.0359±7	233±120	227.6±4.1
6	SH1-6	190	43	876	0.05	0.1037±34	2.6795±1269	0.1866±67	1692±59	1103.2±36.5
7	SH1-7	11	8	227	0.04	0.0761±72	0.4098±390	0.0394±13	1098±189	249.1±8.1
8	SH1-8	211	270	1067	0.25	0.1195±39	2.4789±1130	0.1486±35	1950±53	893.1±19.4
9	SH1-9	173	153	602	0.25	0.1510±46	4.4028±1488	0.2103±36	2357±52	1230.3±19.4
10	SH1-10	206	213	585	0.36	0.1385±45	5.2173±2283	0.2697±72	2209±57	1539.2±36.6
11	SH1-11	222	202	1021	0.20	0.1313±50	2.9577±1179	0.1616±31	2117±67	965.8±17.0
12	SH9-01	44	508	285	1.78	0.0656±32	0.7660±380	0.0848±13	794±102	524.5±7.8
13	SH9-02	74	634	460	1.38	0.0660±29	0.8552±480	0.0928±28	805±94	572.1±16.4
14	SH9-03	12	105	160	0.66	0.0617±46	0.4700±377	0.0546±13	664±161	342.7±8.2
15	SH9-04	21	127	295	0.43	0.0597±36	0.4959±346	0.0592±16	590±129	370.9±9.9
16	SH9-05	18	105	133	0.80	0.0605±38	0.8396±573	0.0999±27	620±135	613.9±15.5
17	SH9-06	19	125	127	0.98	0.0709±46	0.9727±622	0.0992±20	954±133	609.8±11.8
18	SH9-07	69	535	402	1.33	0.0617±33	0.9830±524	0.1145±23	664±114	698.6±13.3
19	SH9-08	23	135	266	0.51	0.0567±39	0.5163±340	0.0657±14	479±154	411.1±8.5
20	SH9-09	31	213	196	1.08	0.0600±37	0.8991±538	0.1087±24	611±133	665.3±13.9
21	SH9-10	16	120	158	0.76	0.0585±38	0.6032±408	0.0742±16	546±142	461.6±9.7
22	SH9-11	16	112	209	0.54	0.0605±45	0.4676±353	0.0558±14	620±159	350.1±8.2
23	SH9-12	19	135	155	0.87	0.0623±40	0.7151±444	0.0832±16	687±137	515.1±9.3
24	SH9-13	23	159	162	0.98	0.0553±43	0.7710±628	0.1003±24	433±174	616.3±14.1
25	SH9-14	8	39	53	0.73	0.0539±51	0.8257±767	0.1110±27	368±184	678.6±15.3
26	SH9-15	12	78	108	0.73	0.0645±55	0.6591±560	0.0757±20	766±181	470.2±12.1
27	SH9-16	20	169	179	0.94	0.0586±39	0.6329±444	0.0764±18	550±116	474.8±10.6
28	SH9-17	37	189	330	0.57	0.0574±32	0.6522±391	0.0811±18	505±128	502.8±10.8
29	SH9-18	18	138	172	0.80	0.0614±66	0.6232±719	0.0707±15	653±234	440.4±8.7
30	SH9-19	31	159	291	0.55	0.0621±39	0.6937±484	0.0810±27	675±103	502.2±16.3
31	SH9-20	26	204	269	0.76	0.0596±43	0.5415±402	0.0652±17	587±152	407.2±10.5
32	SH9-21	11	69	102	0.68	0.0576±58	0.6077±614	0.0759±25	516±245	471.1±14.8
33	SH9-22	16	80	290	0.28	0.0525±50	0.3276±314	0.0446±10	305±215	281.5±6.1
34	SH9-23	23	127	146	0.87	0.0604±42	0.9283±652	0.1106±29	620±151	676.1±16.8
35	SH9-24	14	85	145	0.59	0.0551±46	0.5516±481	0.0717±18	4165±185	446.1±11.0
36	SH9-25	60	430	369	1.17	0.0601±32	0.8911±472	0.1067±17	609±116	653.6±9.8
37	SH9-26	13	145	221	0.66	0.0518±46	0.2992±266	0.0418±10	275±210	264.2±6.1
38	SH9-27	15	101	137	0.73	0.0609±51	0.6313±505	0.0752±15	635±174	467.2±8.7
39	SH9-28	12	70	79	0.88	0.0626±52	0.9157±707	0.1078±24	696±177	660.1±13.8
40	SH9-29	46	310	271	1.14	0.2779±229	2.8863±3386	0.0669±32	3351±129	417.1±19.2

理岩中(刘福来等,2006),并通过锆石 SHRIMP U-Pb 定年结果,确认其原岩时代为元古宙,并借助以往研究大别-苏鲁超高压变质带中榴辉岩的原岩形成年龄,多数集中在 800~700 Ma 之间(Ames et al.,1993,1996;Cheng et al.,2000;Yang et al.,2003;Zheng et al.,2003b)和片麻岩的原岩形成年龄也主要集中于 800~700 Ma 之间(Ames et al.,1996;Rowley et al.,1997;Xue et al.,1997;Hacker et al.,1998;Chavagnac et al.,2001;Rumble et al.,

2002;Xue et al.,2002;Zheng et al.,2003a;Cong et al.,1995)加以验证。不过上述年龄值多是上交点年龄。近期研究结果还表明,锆石不一致线与一致线的交点年龄,尤其是上交点的年龄没有地质意义(夏斌等,2011)。另据陈道公等(2002)对该区榴辉岩中锆石微区定年结果:在变质锆石中有超高压和退变质的年龄,在继承锆石中,除有早元古代、晚元古代,还有古生代的年龄。暗示其原岩的时代不会早于古生代。从本文对受控榴辉岩围岩的大理岩中

“继承锆石”微区定年结果显示:除有比较多的为元古宙(2357~609 Ma),还有大量的为古生代(572~342 Ma),表明前述榴辉岩的原岩时代也不会早于古生代。

#### 4.4 大理岩及其相关岩石时代刍议

双河地区大理岩的原岩为泥灰岩,硬玉石英岩的原岩为杂砂岩(苏文等,1995)。它们与片麻岩互层(李曙光等,1997;安徽省地质科学研究所等,2000),表明它们在成因、成岩环境和时代等应具一致性。亦暗示片麻岩的原岩时代,也不会早于古生代。

## 5 结论

(1)双河地区大理岩中“继承锆石”微区定年结果,时代从元古宙到古生代。

(2)双河大理岩的原岩时代不会早于古生代。

(3)双河大理岩经过两次变质作用:超高压变质和退变质。

致谢:中国科学院广州地球化学研究所同位素年代学和地球化学重点实验室孙卫东研究员、涂湘林研究员等协助 U-Pb 年龄测定并提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢!

### 注 释

- ① 安徽省冶金地质局. 1970. 太湖幅 1/20 万地质图和区域地质矿产调查报告.
- ② 袁亚娟,夏斌,张玉泉,王敏,夏连泽,李贺,汪方跃,张红,吴维平. 大别超高压变质单元岩石地球化学及锆石定年. 未投稿.

### 参 考 文 献

安徽省地质科学研究所,安徽省地矿局 311 地质队. 2000. 潜山县牌楼韩长冲地区地质图(1/10000). 合肥:安徽人民出版社.

陈道公, Etienne D, 夏群科, 吴元保, 程昊. 2002. 大别山双河超高压榴辉岩中变质锆石:离子探针和微区结构研究. 岩石学报, 18(3):369~377.

程裕淇, 庄育勋, 高天山, 简平. 2002. 大别山菖蒲—碧溪岭地区高压—超高压榴辉岩相变质岩和有关岩石的岩石类型及其原岩性质. 地质学报, 76(1):1~13.

李曙光, 李惠民, 陈移之, 肖益民, 刘德良. 1997. 大别山—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. 大别山双河硬玉岩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):212~217.

刘福来, 薛怀民, 许志琴, 梁风华, Axel Gerdes. 2006. 大别超高压变质带的进变质、超高压和退变质时代的准确限定:以双河大理岩中榴辉岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年为例. 岩石学报, 22(7):1761~1778.

刘晓春, 王明再, 曲玮. 1995. 大别山超高压正片麻岩:岩石学及变质演化. 矿物学报, 15(2):154~162.

苏文, 徐树桐, 江来利, 刘贻灿. 1995. 安徽潜山韩长冲—苗竹园一带硬玉石英岩及其伴生榴辉岩特征. 安徽地质, 5(2):7~20.

涂湘林, 张红, 邓文峰, 凌明星, 梁华英, 刘颖, 孙卫东. 2011. Resolution 激光剥蚀系统在微量元素原位微区分析中的应用. 地球化学, 40(1):83~98.

吴维平, 徐树桐, 江来利, 刘贻灿, 苏文. 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.

夏斌, 王敏, 张玉泉, 李建峰, 黄强大, 王洪, 刘立文, 董春艳. 2011. 江苏东海片麻状碱性花岗岩地质地球化学及其年代学研究——以驼峰、牛山两地为例. 地质学报, 85(9):1~14.

杨启军, 钟增球. 2004. 大别—苏鲁超高压地体中面理化榴辉岩的成因研究. 地球科学—中国地质大学学报, 29(2):169~176.

张玉泉, 夏斌, 梁华英, 刘红英, 林清茶. 2004. 云南大平梁棱岩化花岗岩的锆石特征及其地质意义. 高校地质学报, 10(3):378~384.

钟增球, 索书田, 张宏飞, 周汉文. 2001. 桐柏—大别碰撞造山带的基本组成与结构. 岩石学报, 21(4):560~576.

周存亭, 汤家富, 高天山, 董劲松, 鲁如魁. 1995. 大别山地区片麻岩套的建立与成岩时代讨论. 安徽地质, 5(3):30~40.

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 B. 1996. Geochronology and geochemistry of ultrahigh-pressure metamorphism with implications for collision of the Sino-Koreana and Yangtze cratons, central China. *Tectonics*, 15:472~489.

Chavagnac V, Jahn B M, Villa I M, Whitehouse M J, Liu D Y. 2001. Multichronometric evidence for an in situ origin of the ultrahigh-pressure metamorphic terrane of Dabieshan, China. *Journal of Geology*, 109:633~646.

Cheng Y Q, Liu D Y, Williams I S, Jian P, Zhuang Y X, Gao T S. 2000. SHRIMP U-Pb dating of zircons of a dark-colored eclogite and a garnet-bearing gneissic-granitic rock from Bixiling, eastern Dabie area, Anhui Province; isotope chronological evidence of Neoproterozoic UHP metamorphism. *Acta Geologica Sinica*, 74:748~765.

Cong B, Zhai M, Dennis A C, Roberr N W, Zhao Z Y, Carswell D A. 1995. Petrogenesis of ultrahigh pressure rocks and their country rocks at Shuanghe in Dabie, central China. *Eur. J. Mineral.*, 7:119~138.

Hacker B R, Ratschbacher L, Webb L, Ireland T, Walker D, Dong S. 1998. U-Pb zircon ages constrain the architecture of the ultrahigh-pressure Qinling-Dabie Orogen, China. *Earth and Planetary Science Letters*, 161:215~230.

Rowley D B, Xue F, Tucker R D, Peng Z X, Baker J, Davis A. 1997. Ages of ultrahigh-pressure metamorphism and protolith orthogneisses from the Central Dabie Shan; U/Pb zircon geochronology. *Earth and Planetary Science Letters*, 151:191~203.

Rumble D, Giorgis D, Ireland T. 2002. Low  $^{18}\text{O}$  zircon, U-Pb dating, and the age of the Qinglongshan oxygen and hydrogen

- isotope anomaly near Donghai in Jiangsu Province, China. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 66:2299~2306.
- Sun S S, McDough W F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts; implications for mantle composition and processes. In: Saunders A D, Norry M J, eds. *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society Special Publications, 42: 313~345.
- Xue F, Rowley D B, Turker R D, Peng Z X. 1997. U-Pb zircon ages of granitoid rocks in the North Dabie Complex, eastern Dabieshan, China. *J. Geol.*, 105:744~753.
- Xue H M, Dong S W, Liu X C. 2002. U/Pb zircon dating of granitic gneisses in eastern Dabie Mountains, central China. *Chinese Journal of Geology*, 37:165~173.
- Yang J S, Wooden J L, Wu C L, Xu Z Q, Shi R D, Katayama I. 2003. SHRIMP U-Pb dating of coesite-bearing zircon from the ultrahigh-pressure metamorphic rocks, SuLu terrane, east China. *Journal of Metamorphic Geology*, 21:551~560.
- Zheng Y F, Bu B, Gong B, Xiao Y L, Ge N J. 1997. U-Pb dating of marble associated with eclogite from the Dabie mountains, east China. *Chinese Journal of Geochemistry*, 16(3):193~201.
- Zheng Y F, Gong B, Zhao Z F, Fu B, Li Y L. 2003a. Two types of gneisses associated with eclogite at Shuanghe in the Dabie terrane; carbon isotope, zircon U-Pb dating and oxygen isotope. *Lithos*, 70:321~343.
- Zheng Y F, Fu B, Gong B, Li L. 2003b. Stable isotope geochemistry of ultrahigh-pressure metamorphic rocks from the Dabie-SuLu orogen in China; implications for geodynamics and fluid regime. *Earth Science Reviews*, 62:105~161.

## Zircon U-Pb Ages of Marble from Shuanghe Qianshan County and Their Geological Significance

XIA Bin<sup>1, 2)</sup>, YUAN Yajuan<sup>1, 4)</sup>, ZHANG Yuquan<sup>1)</sup>, WANG Min<sup>1)</sup>, XIA Lianze<sup>2)</sup>, LI He<sup>1, 4)</sup>,  
WANG Fangyue<sup>1)</sup>, ZHANG Hong<sup>1)</sup>, WU Weiping<sup>3)</sup>

1) *Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, 510640;*

2) *Marine College of Sun Yat-Sen University, 510275;*

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

4) *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049*

### Abstract

Lithochemical compositions, trace elements and rare earth elements of the marble in Shuanghe were analyzed in this study. The positions of metamorphic zircons and metamorphic complex zircon were determined using CL zircon image. The dating results are listed as follows: 1) The older core "inherited zircon" in the metamorphic complex zircon were measured at 32 points with ages ranging from 2357 Ma to 342 Ma, 15 of which belong to Proterozoic era with ages range from 2357 Ma to 572 Ma, 17 to the Paleozoic from 524 Ma to 342 Ma. 2) 8 points had been tested in the metamorphic zircons, and ages of 5 points fall with the scope of 249 Ma to 234 Ma corresponding to the UHP metamorphic time. The ages of 228~221 Ma represent retrograde time. Existence of a number of magmatic detrital zircons, i. e. inherited zircons, indicates that protolith of the Shuanghe marble rock is likely the argillaceous limestone with an age of later than the Paleozoic Era.

**Key words:** zircon U-Pb ages; marble; Shuanghe; Qianshan County; Anhui Province