

安徽省岳西县碧溪岭片麻岩地球化学和 锆石 U-Pb 年龄研究*

夏斌^{1,2} 黄强太^{2,4} 张玉泉² 崔莎莎³

董冰华^{2,4} 李贺^{2,4} 张红^{2,4}

(1. 中山大学 广州 510275; 2. 中国科学院广州地球化学研究所 广州 510640;

3. 广东省有色金属地质局地质工程中心 广州 510000; 4. 中国科学院研究生院 北京 100049)

摘要 本文通过对碧溪岭片麻岩综合研究表明,岩石化学成分高硅($\text{SiO}_2 = 73.18\% \sim 75.60\%$)、低铝($\text{Al}_2\text{O}_3 = 11.93\% \sim 12.79\%$)、富碱($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 6.11\% \sim 7.23\%$)和高钠($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 1.51 \sim 1.94$);微量元素富集大离子亲石元素 Rb、Ba、Th、U 等和 Pb,贫 Nb、Ta、Zr、Hf、Ti 等高场强元素;稀土元素含量范围变化较大($\text{TREE} = 142.38 \sim 308.44 \times 10^{-6}$),富集轻稀土(LREE/HREE = 5.93 ~ 6.01),和铕负异常明显($\delta\text{Eu} = 0.42 \sim 0.64$)等。造岩矿物中斜长石聚片双晶常垂直晶体延长方向,以及继承锆石大部分是不同时代的岩浆碎屑锆石等,暗示其寄主岩是沉积岩;锆石 LA-ICP-MS 定年结果:1) 获得超高压变质锆石 U-Pb 年龄为 242 Ma; 2) 继承锆石 U-Pb 年龄,除了有比较多的属于元古代(768 ~ 639 Ma),还有大量的属于古生代(590 ~ 358 Ma)等,表明其寄主岩的时代不会早于古生代。

关键词 锆石 U-Pb 年龄 地球化学 片麻岩 碧溪岭 岳西县 安徽省

中图分类号: P588, P597

文献标识码: A

文章编号: 0563-5020(2012)02-376-11

处于扬子克拉通北缘和华北克拉通南缘之间的大别—苏鲁超高压变质带内的岳西县碧溪岭地区的榴辉岩相变质岩,是世界上出露面积最大的岩区之一。因此,深受国内外地学界的关注:从 20 世纪 80 年代末就开始对该区榴辉岩的岩石学、地球化学和同位素年代学等进行了研究(韩宗珠等, 1989; 翟明国等, 1991; 张旗等, 1993; 曹荣龙等, 1995; 刘若新等, 1995; 李曙光等, 1996; 简平等, 1996; 胡世玲等, 1999; 王松山等 1999)。而涉及片麻岩的研究工作相对比较少(程裕淇等, 2000; 高天山等, 2000; 郑永飞等, 2003; 刘文元等, 2009)。本文在前人的工作基础上,着重于碧溪岭地区片麻岩中锆石成因类型和定年研究。

1 地质、岩石简况

碧溪岭地区超高压变质带的岩石组合,主要由片麻岩、条带状榴辉岩(浅色榴辉岩)、层状基性榴辉岩(深色榴辉岩)、石榴橄榄岩、白云母石榴硬玉岩、硬玉石英岩和大理岩等

* 国家重点基础研究发展计划“973”项目(编号: 2009CB219401)和中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室开放基金项目(编号:2009008)资助。

夏斌,男,1959年4月生,博士,教授,构造地质学专业。E-mail: huangqiangtai@163.com

2011-11-07 收稿, 2012-02-06 改回。

组成(庄育勋, 1998)。其中片麻岩在 1:20 万区域地质报告中划归大别山群刘畈组 (AnZl) 粉黄色中厚层中粗粒二长片麻岩; 程家河组 (AnZc) 含黑云斜长片麻岩; 桥岭组 (AnZq) 灰和灰褐色薄层中细粒(二云)斜长片麻岩^①。本文研究的片麻岩, 样品采自水畈桥一带, 定年锆石样品采在桥西端南 25 m 左右(图 1)。岩石灰白色, 具片麻状构造, 显示柱粒变晶结构、粒状变余结构和花岗变晶岩结构等。造岩矿物由钾长石、斜长石、石英和黑云母等组成。其中黑云母多呈小板条状, 斜长石常呈不规则的粒状, 以及变晶斜长石的钠长石双晶, 常垂直晶体的延长方向等。

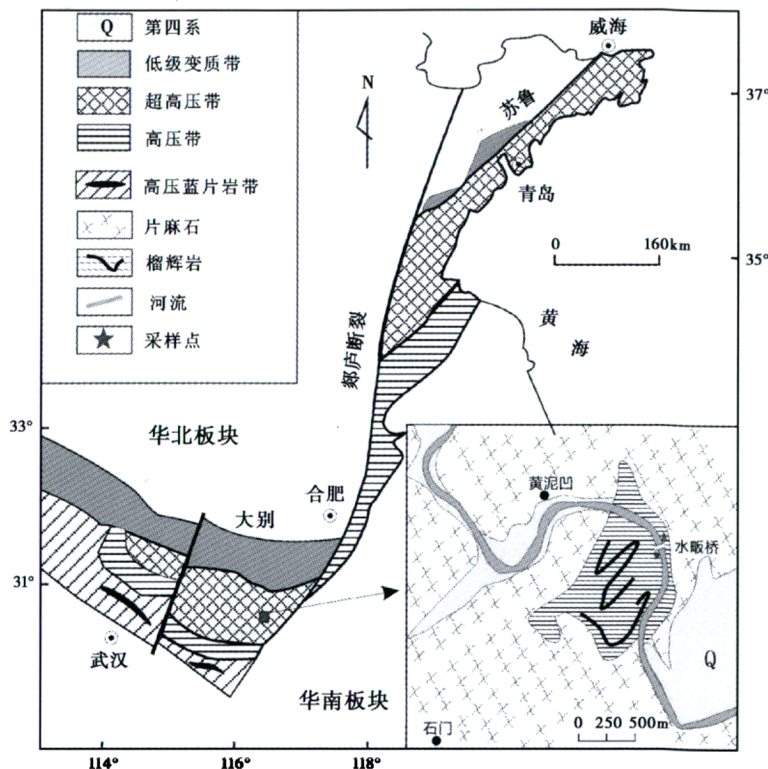


图 1 岳西县碧溪岭地区地质简图(据程裕洪等, 2000 修改)

Fig. 1 Simplified geological map of Bixiling, Yuexi (according to Cheng et al., 2000)

2 元素地球化学特征

岩石化学分析在中国科学院广州地球化学研究所的 Varian Vista-PRO 型 ICP-AES (CCD 全谱直读 ICP-AES) 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%。

^① 安徽省地质局区域地质调查队. 1974. 岳西幅 H-50-9 1:20 万区域地质调查报告.

2.1 岩石化学

碧溪岭片麻岩化学成分,分析结果见表 1。从表中可以看出, SiO_2 含量变化为 73.18% ~ 73.79% 之间,全碱($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)含量变化为 6.11% ~ 6.14%, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}=1.92 \sim 1.94$ 和 Al_2O_3 含量变化为 12.57% ~ 12.79% 之间等,均显示碧溪岭地区的片麻岩在岩石化学成分上具有高硅、低铝、富碱和高钠的特点。其后者与该区白云母石榴硬玉岩、硬玉石英岩和大理岩等原岩沉积岩富钠(翟明国等, 1991; 庄育勋, 1998)是一致的。同时亦和大别—苏鲁超高压变质带的片麻岩和面理化含榴花岗岩富碱、高钠(刘福来等, 1999, 2001; 郑祥身等, 1999; 鄢全树等, 2005; 夏斌等, 2009)等特征也一致。

表 1 碧溪岭片麻岩岩石化学成分/%和微量元素成分/ $\times 10^{-6}$

Table 1 Chemical composition of major elements and trace elements of gneiss from Bixiling

样号	BX1-2	BX1-3	平均	BX2-1	BX2-2	平均
SiO_2	73.18	73.79	73.49	75.23	75.60	75.42
TiO_2	0.32	0.32	0.32	0.20	0.19	0.20
Al_2O_3	12.57	12.79	12.68	11.93	11.94	11.94
Fe_2O_3	2.83	2.91	2.87	2.88	2.89	2.89
MnO	0.06	0.05	0.06	0.04	0.04	0.04
MgO	0.72	0.73	0.73	-	-	-
CaO	2.03	2.03	2.03	0.82	0.82	0.82
Na_2O	4.03	4.04	4.04	4.34	4.36	4.35
K_2O	2.08	2.10	2.09	2.87	2.87	2.87
P_2O_5	0.05	0.05	0.05	0.01	0.01	0.01
LOI	0.90	0.77	0.84	0.12	0.13	0.13
Total	98.74	99.59	99.17	98.43	98.86	98.65
$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	6.11	6.14	6.13	7.21	7.23	7.22
$\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$	1.94	1.92	1.93	1.51	1.52	1.52
Li	15.5	14.5	15.00	0.773	0.714	0.74
Be	1.91	1.67	1.79	2.39	2.05	2.22
Sc	9.45	8.19	8.82	3.68	3.66	3.67
V	39.3	28.3	33.80	25.2	26.4	25.80
Cr	33.7	19.7	26.70	5.65	5.99	5.82
Co	5.18	5.08	5.13	2.09	2.31	2.20
Ni	16.9	9.21	13.06	2.26	2.97	2.62
Cu	8.55	6.49	7.52	10.9	15.8	13.35
Zn	38.2	36	37.10	36.5	48.4	42.45
Ga	14	13.8	13.90	18.1	18.6	18.35
Ge	1.36	1.37	1.37	1.13	1.11	1.12
As	8.33	8.78	8.56	8.02	9.04	8.53
Rb	42.5	43.3	42.90	85.1	89.2	87.15
Sr	255	253	254.00	111	113	112.00

续表 1

样号	BX1-2	BX1-3	平均	BX2-1	BX2-2	平均
Y	31.69	31.37	31.53	62.18	62.62	62.40
Zr	112	122	117.00	624	624	624.00
Nb	4.01	3.95	3.98	4.3	4.49	4.40
Mo	1.74	1.07	1.41	0.85	0.89	0.87
Ag	0.17	0.14	0.16	0.21	0.21	0.21
Cd	0.11	0.12	0.12	0.11	0.13	0.12
In	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05
Sn	2.13	2.07	2.10	1.79	2.36	2.08
Sb	0.60	0.58	0.59	1.14	0.41	0.78
Cs	1.32	1.30	1.31	1.15	1.09	1.12
Ba	805	788	796.50	1350	1330	1340
Hf	3.34	3.66	3.50	15.8	15.2	15.50
Ta	0.40	0.36	0.38	0.30	0.30	0.30
W	0.61	0.568	0.59	0.263	0.377	0.32
Tl	0.20	0.20	0.20	0.61	0.63	0.62
Pb	12	11.4	11.70	14.2	14.7	14.45
Bi	0.21	0.19	0.20	0.37	0.35	0.36
Th	6.13	5.76	5.95	7.98	7.59	7.79
U	1.21	1.11	1.16	1.19	1.13	1.16
La	28.9	28.5	28.70	55.9	56.1	56.00
Ce	58.2	56.2	57.20	117	114	115.50
Pr	6.85	6.64	6.75	14.9	14.5	14.70
Nd	26	24.5	25.25	61.3	58.6	59.95
Sm	5.36	5.1	5.23	13.2	12.4	12.80
Eu	1.01	0.98	1.00	1.66	1.62	1.64
Gd	4.64	4.34	4.49	11.22	10.84	11.03
Tb	0.76	0.72	0.74	1.84	1.77	1.81
Dy	5.45	5.32	5.39	12.3	11.8	12.05
Ho	1.30	1.26	1.28	2.76	2.61	2.69
Er	4.09	3.92	4.01	7.62	7.28	7.45
Tm	0.63	0.61	0.62	1.08	1.06	1.07
Yb	3.75	3.68	3.72	6.55	6.38	6.47
Lu	0.64	0.61	0.63	1.11	1.09	1.10
TREE	147.58	142.38	145.01	308.44	300.05	304.26
LREE/HREE	5.94	5.96	5.94	5.93	6.01	5.97
δ Eu	0.62	0.64	0.63	0.42	0.43	0.42
La/Yb	7.71	7.74	7.72	8.53	8.79	8.66

2.2 微量元素(包括稀土元素)

碧溪岭片麻岩微量元素分析结果(表1)在微量元素组成特征上,富集 Rb、Ba、Th、U 等大离子亲石元素和富 Pb, 贫 Nb、Ta、Zr、Hf、Ti 等高场强元素。在原始地幔标准化蛛网图上(图2), Nb、P、Ti 呈现“V”型谷; 稀土元素组成特征: 1) 稀土元素含量变化范围较大($TREE = 142.38 \times 10^{-6} \sim 308.44 \times 10^{-6}$), 2) 富集轻稀土元素(LREE/HREE = 5.93 ~ 6.01); 3) 铕出现负异常($\delta Eu = 0.42 \sim 0.64$); 4) 稀土模式曲线为向右微倾斜的“V”型(La/Yb = 8 ~ 9)(图3)。在前述的大离子亲石元素中富 Ba, 贫 Sr; 有别于岩浆成因的钾质碱性花岗岩, 特别富集 Sr、Ba 等大离子亲石元素和轻稀土元素(LREE), 以及铕异常不明显(夏斌等, 2006)。

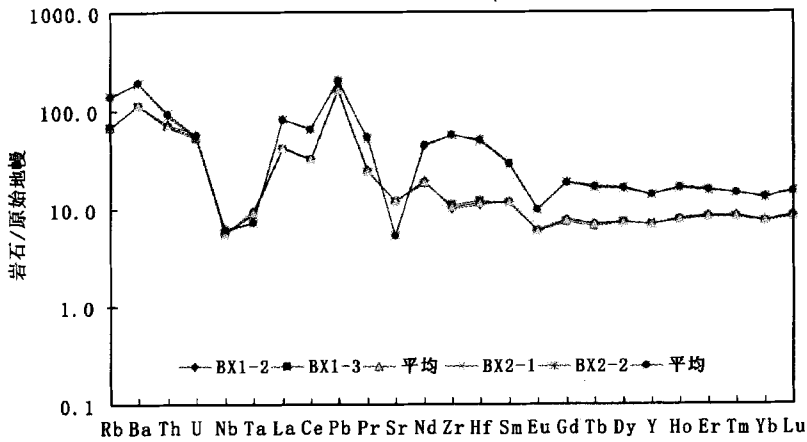


图2 碧溪岭片麻岩微量元素蛛网图

Fig. 2 Trace elements spider of gneiss from Bixiling

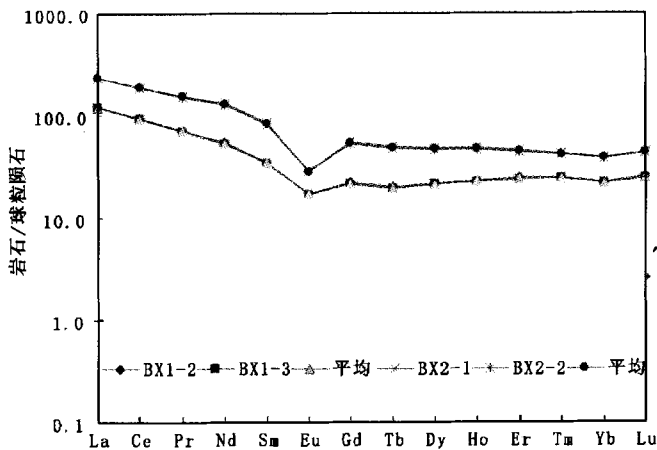


图3 碧溪岭片麻岩REE配分模式图

Fig. 3 REE patterns of gneiss from Bixiling

3 锆石 U-Pb 年龄

3.1 锆石分选

在锆石分选过程中,为了尽量排除交叉混样,采用以下流程(张玉泉,2004)分选锆石。把 0.5 kg 左右的样品破碎成约 1 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,用铝制淘沙盘富集重矿物,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,喷碳沫照阴极发光相(CL)。再擦掉碳沫,即可进行 LA-ICP-MS U-Pb 含量测定(采用单点剥蚀的方法和激光剥蚀斑束直径为 $31\text{ }\mu\text{m}$,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}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,其加权平均值为 95% 的置信度。

3.3 分析结果

碧溪岭片麻岩中锆石,阴极发光图像(图4)显示,在结构上多具核、壳两层结构,其



图4 碧溪岭片麻岩中锆石阴极发光图像(CL)

Fig. 4 CL image of zircons of gneiss from Bixiling

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,本文锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年,测定 22 个颗粒(表 2): 1) 变质锆石测定 1 个点(图 4): Th 的含量为 23×10^{-6} , U 的含量为 23×10^{-6} , Th/U = 1, 其年龄为 242 Ma, 相当于早三叠世; 2) 老核“继承锆石”, 测定 21 个颗粒, Th 的含量变化范围为 $(11 \sim 283) \times 10^{-6}$, U 的含量变化范围为 $(30 \sim 305) \times 10^{-6}$, Th/U 比范围为 0.37 ~ 1.36。其年龄值分别为元古代(768 Ma、762 Ma、698 Ma、683 Ma、676 Ma、668 Ma、666 Ma、641 Ma 和 639 Ma) 和古生代(590 Ma、526 Ma、525 Ma、479 Ma、446 Ma、430 Ma、428 Ma、414 Ma、400 Ma、397 Ma、369 Ma 和 358 Ma)。

表 2 碧溪岭片麻岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 同位素分析结果

Table 2 Zircon LA-ICP-MS U-Pb isotopic analysis of the gneiss from Bixiling

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
BX1-2-01	32	215	192	1.12	0.062 5±26	0.939 1±425	0.109 3±19	694±88	668.4±11.4
BX1-2-02	20	127	150	0.85	0.061±39	0.599 5±42	0.071 7±34	638±137	446.2±20.5
BX1-2-03	17	128	190	0.67	0.056 6±27	0.506±305	0.064 2±17	475±112	400.8±10.5
BX1-2-04	32	177	196	0.90	0.065 3±23	1.029 8±434	0.114 4±25	784±74	698.4±14.6
BX1-2-05	31	248	305	0.81	0.060 1±3	0.569 2±292	0.069 1±11	605±107	430.6±6.5
BX1-2-06	27	166	175	0.95	0.065 8±26	0.94±393	0.104 2±21	1200±81	639.1±12.3
BX1-2-07	15	110	129	0.85	0.060 8±29	0.649 2±34	0.077 3±16	631±103	479.8±9.5
BX1-2-08	25	139	128	1.09	0.064 3±22	1.108 9±407	0.125 5±22	750±72	762.1±12.3
BX1-2-09	27	155	168	0.92	0.066 7±23	0.959 1±345	0.104 7±16	827±72	641.8±9.4
BX1-2-10	34	283	208	1.36	0.065 4±22	0.996 8±401	0.110 7±27	788±70	676.9±15.4
BX1-2-11	4	35	49	0.71	0.081 6±57	0.666±504	0.059±15	518±135	369.6±8.9
BX1-2-12	13	112	130	0.86	0.062 6±57	0.543 6±503	0.063 6±14	694±194	397.2±8.5
BX1-2-13	22	179	171	1.05	0.069 7±28	0.814 5±332	0.084 9±13	920±87	525.1±7.9
BX1-2-14	20	157	214	0.73	0.059 3±26	0.542 3±311	0.066 5±24	588±96	414.9±14.6
BX1-2-15	1	23	23	1.00	0.061 8±126	0.314 8±581	0.038 4±14	664±449	242.8±8.4
BX1-2-16	13	84	139	0.60	0.060 5±37	0.575 9±405	0.068 8±19	633±131	428.7±11.6
BX1-2-17	2	11	30	0.37	0.070 8±99	0.506 2±598	0.057 2±3	951±289	358.5±18.4
BX1-2-18	22	108	122	0.89	0.065 2±28	1.138 1±55	0.126 7±33	781±95	768.7±19
BX1-2-19	20	110	120	0.92	0.065 9±31	1.010 6±463	0.111 9±15	1200±98	683.7±8.5
BX1-2-20	8	58	62	0.94	0.078 5±54	0.908 7±589	0.085 2±2	1158±141	526.7±11.9
BX1-2-21	41	252	243	1.04	0.070 3±22	1.048 8±343	0.108 9±18	1000±60	666.1±10.2
BX1-2-22	35	241	234	1.03	0.070 7±28	0.932 3±37	0.095 9±15	949±75	590.8±8.5

4 结果讨论

4.1 片麻岩的原岩性质

根据野外和室内研究结果表明,碧溪岭水畷桥一带的片麻岩,其原岩应是沉积岩,其依据: 1) 发育显示沉积韵律层的黑白条带; 2) 具有老核(继承锆石)新壳(变质锆石)的变质复合锆石; 老核(继承锆石)多为具有清晰的韵律环带岩浆碎屑锆石; 老核是多时代(从元古代到古生代)的岩浆锆石; 老核是元古代,从早期(768 Ma)到晚期(639 Ma),其年龄差为 129 Ma。任何一次岩浆作用也不会持续如此长的时间。所以,不同时代的“继承锆石”汇聚到一起,表明岩浆锆石结晶之后曾经过了搬运、破碎、再堆积的过程。同时还表明其寄主岩的原岩应是沉积岩。所以,前述现象均表明水畷桥一带的片麻岩,其原

岩应是“沉积岩”。

4.2 碧溪岭片麻岩成岩和原岩时代

前述资料表明,碧溪岭片麻岩的原岩是沉积岩。因此,变质时间也就是它的成岩时间。根据锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年结果(表 2、图 5)表明,其成岩时间为 242 Ma,属于印支期,相当于早三叠世。这一结果与程裕淇等(2000)用 SHRIMP 测定碧溪岭片麻岩中变质锆石 U-Pb 年龄范围为 247 ~ 212 Ma 一致;原岩时代,根据 21 个“继承锆石”U-Pb 年龄范围,从晚元古代到古生代(768 ~ 358 Ma),其中有 11 个年龄是古生代的。大量古生代继承锆石的存在,表明其寄主岩的时代不可能是晚元古代,而只能是古生代。因为在沉积岩中,年轻的锆石不可能跑到比它老的沉积地层中,而老锆石通过搬运可以汇聚到新的沉积地层中。这就是我们强调的该区片麻岩时代不会早于古生代的原因。

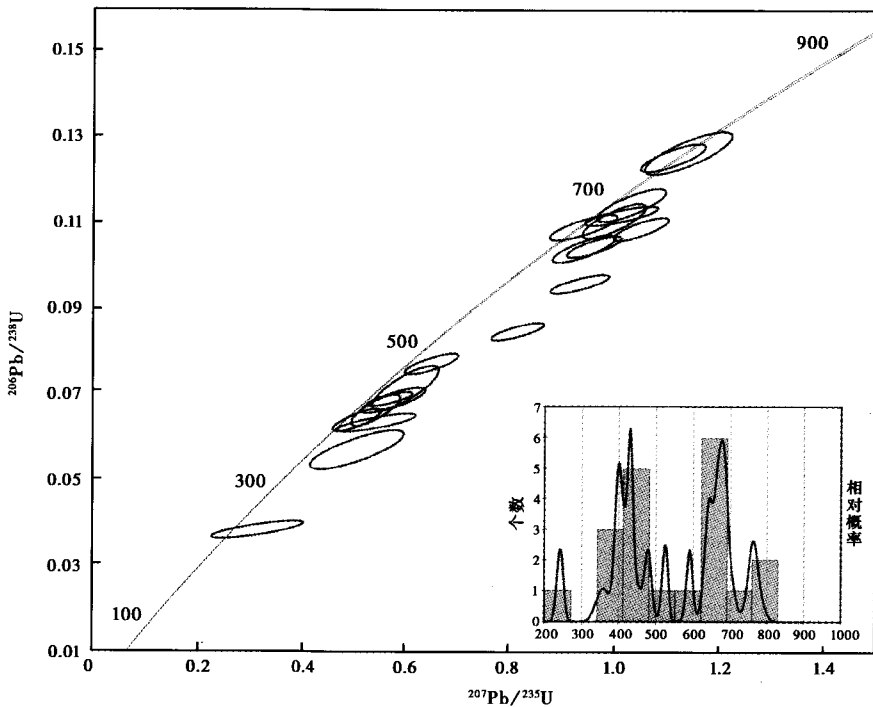


图 5 碧溪岭片麻岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄谐和图

Fig. 5 Zircons U-Pb concordia diagram of gneiss from Bixiling

5 结 论

- (1) 根据野外和室内研究结果表明,碧溪岭片麻岩的原岩是富钠的长英质的沉积岩。
- (2) 碧溪岭片麻岩成岩的时代为早中三叠世,其原岩时代不会早于古生代。

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!

万方数据

参 考 文 献

- 曹荣龙,朱寿华. 1995. 安徽碧溪岭柯石英榴辉岩 U-Pb 与 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年代学研究. 地球化学, **22**(4): 30—38.
- Cao Ronglong and Zhu Shouhua. 1995. A U-Pb and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronologic study of Bixiling coesite-bearing eclogite from Anhui Province, China. *Geochimica*, **22**(4): 30—38.
- 程裕洪,刘敦一,Williams I S,简平,庄育勋,高天山. 2000. 大别山碧溪岭深色榴辉岩和片麻状花岗质岩石 SHRIMP 分析——晋宁期高压—超高压变质作用同位素年代学依据. 地质学报, **74**(3): 193—205.
- Cheng Yuqi, Liu Dunyi, Williams I S, Jia Ping, Zhuang Yuxun and Gao Tianshan. 2000. SHRIMP U-Pb dating of zircons of a dark-coloured eclogite and a garnet-bearing gneissic-granitic rock from Bixiling, eastern Dabie area——Isotope chronological evidence of Neoproterozoic HP-UHP metamorphism. *Acta Geologica Sinica*, **74**(3): 193—205.
- 高天山,李惠民,汤加福,侯明金. 2000. 大别山岳西碧溪岭地区片麻状斜长花岗岩锆石 U-Pb 年龄. 安徽地质, **10**(3): 205—208.
- Gao Tianshan, Li Huimin, Tang Jiafu and Hou Mingjin. 2000. The U-Pb age of zircon from the gneissic plagiogranite in the Bixiling area, Yuexi, the Dabie Mountains. *Geology of Anhui*, **10**(3): 205—208.
- 韩宗珠,袁启林,盛士兴. 1989. 安徽岳西碧溪岭榴辉岩及其伴生石榴石橄榄岩的岩石学和地球化学. 岩石学报, **5**(4): 22—32.
- Han Zongzhu, Yuan Qilin and Sheng Shixing. 1989. Petrology and geochemistry of eclogite and associated garnet peridotite in Bixiling, Yuexi, Anhui Province. *Acta Petrologica Sinica*, **5**(4): 22—32.
- 胡世玲,郝杰,李曰俊,戴樟谟,蒲志平. 1999. 大别山碧溪岭榴辉岩激光探针 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄. 地质科学, **34**(4): 427—431.
- Hu Shiling, Hao Jie, Li Yuejun, Dai Tongmo and Pu Zhiping. 1999. Laser probe ^{40}Ar - ^{39}Ar isochron age of eclogite from Bixiling, Dabie uhp orogenic belt. *Chinese Journal of Geology (Scientia Geologica Sinica)*, **34**(4): 427—431.
- 简平,杨巍然,周惠芳. 1996. 大别山东部含柯石英榴辉岩锆石 U-Pb 测年——多期超高压变质作用的证据. 华南地质与矿产, (4): 14—21.
- Jian Ping, Yang Weiran and Zhou Huifang. 1996. U-Pb zircon dating on coesite-bearing eclogites from eastern Dabie area, central China: The evidence for multi-episode ultrahigh pressure metamorphism. *Geology and Mineral Resources of South China*, (4): 14—21.
- 李曙光, Jagoutz E, 肖益林, 葛宁洁, 陈移之. 1996. 大别山—苏鲁地体超高压变质年代学——I. Sm-Nd 同位素体系. 中国科学(D辑), **26**(3): 251—257.
- Li Shuguang, Jagoutz E, Xiao Yilin, Ge Ningjie and Chen Yizhi. 1996. Chronology of ultrahigh-pressure metamorphism in the Dabie Mountains and Su-Lu terrane: I. Sm-Nd isotope system. *Science in China (Series D)*, **39**(6): 597—609.
- 刘福来,许志琴,徐惠芬. 1999. 东海超高压变质带花岗质片麻岩的岩石学及其成因特征. 地质论评, **45**(增刊): 636—644.
- Liu Fulai, Xu Zhiqin and Xu Huifen. 1999. Petrology and genetic mechanism of granitic gneiss in Donghai ultrahigh-pressure metamorphic belt. *Geological Review*, **45**(suppl.): 636—644.
- 刘福来,许志琴,张泽明,杨经绥. 2001. 中国大陆科学钻探工程预先导孔中片麻岩—花岗质片麻岩的岩石学和地球化学研究. 地质学报, **75**(1): 70—81.
- Liu Fulai, Xu Zhiqin, Zhang Zeming and Yang Jingsui. 2001. Petrology and geochemistry of gneiss and granitic gneiss from pre-pilot drillhole (CCSD-PP1), Chinese Continental Scientific Drilling Project. *Acta Geologica Sinica*, **75**(1): 70—81.
- 刘若新,樊祺诚,李惠民. 1995. 大别山碧溪岭石榴橄榄岩—榴辉岩体的原岩性质及同位素年代学的启示. 岩石学报, **11**(3): 234—256.
- Liu Ruoxin, Fan Qicheng and Li Huimin. 1995. The nature of protolith of Bixiling garnet peridotite-eclogite massif in Dabie Mountains and the implication of its isotopic geochronology. *Acta Petrologica Sinica*, **11**(3): 234—256.
- 刘文元,刘景波,柳小明. 2009. 大别山高压—超高压片麻岩核一边结构锆石成因探讨, **44**(3): 966—982.

- Liu Wenyuan, Liu Jingbo and Liu Xiaoming. 2009. Genesis of zircons with core-rim structure from HP-UHP gneisses of the Dabie Mountains. *Chinese Journal of Geology*, **44**(3): 966—982.
- 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.
- Tu Xianglin, Zhang Hong, Deng Wenfeng, Ling Mingxing, Liang Huaying, Liu Ying and Sun Weidong. 2011. Application of RESOLUTION in-situ laser ablation ICP-MS in trace element analyses. *Geochimica*, **40**(1): 83—98.
- 王松山, 葛宁洁, 桑海清, 裘 冀. 1999. 多硅白云母过剩 Ar 成因及绿辉石 Ar-Ar 年龄谱意义: 以南大别超高压榴辉岩为例. *科学通报*, **44**(24): 2607—2613.
- Wang Songshan, Ge Ningjie, Sang Haiqing and Qiu Ji. 1999. The cause of excess Ar in white mica and the implication of doleritic Ar-Ar date. *Chinese Science Bulletin*, **44**(24): 2607—2613.
- 夏 斌, 王 敏, 张玉泉, 李建峰, 黄强太, 王 洪, 刘立文, 李 贺, 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——以骆驼峰、牛山岩体为例. *地质学报*, **85**(9): 1464—1476.
- Xia Bin, Wang Min, Zhang Yuquan, Li Jianfeng, Huang Qiangtai, Wang Hong, Liu Liwen, Li He and Dong Chunyan. 2011. Geological and geochemical characteristics of the gneissic alkali granite in Donghai, Jiangsu Province, and chronology research: Two examples from the Tuofeng and Niushan regions. *Acta Geologica Sinica*, **85**(9): 1464—1476.
- 鄢全树, 钟增球, 周汉文. 2005. 大别超高压变质地体四道河地区岩石学研究. *岩石矿物学杂志*, **24**(3): 186—196.
- Yan Quanshu, Zhong Zengqiu and Zhou Hanwen. 2005. Petrology of Sidaoh area in UHP metamorphic terrane, the Dabie Mountains. *Acta Petrologica et Mineralogica*, **24**(3): 186—196.
- 翟明国, 从柏林, 赵中岩, 王清晨, 李家驹. 1991. 大别山榴辉岩带的高压硬玉石英岩块体及其地质意义. *科学通报*, **37**(11): 1013—1015.
- Zhai Mingguo, Cong Bailin, Zhao Zhongyan, Wang Qingchen and Li Jiaju. 1991. High pressure jadeitic quartzite from Dabie eclogite belt and its geological implication. *Chinese Science Bulletin*, **37**(11): 1013—1015.
- 张 旗, 赵大升, 刘若新, 马宝林, 樊祺诚, 李 齐. 1993. 安徽省岳西碧溪岭—五河地区石榴石橄榄岩—榴辉岩组合的原岩性质. *科学通报*, **38**(18): 1694—1697.
- Zhang Qi, Zhao Dasheng, Liu Ruoxin, Ma Baolin, Fan Qicheng and Li Qi. 1993. The protolith character of garnetperidotite and eclogite from Bixiling and Wuhe, Anhui Province. *Chinese Science Bulletin*, **38**(18): 1694—1697.
- 张玉泉, 夏 斌, 梁华英, 刘红英, 林清茶. 2004. 云南大平陵糜棱岩化碱性花岗岩的锆石特征及其地质意义. *高校地质学报*, **10**(3): 378—384.
- Zhang Yuquan, Xia Bin, Liang Huaying, Liu Hongying and Lin Qingcha. 2004. Characteristics of zircons for dating from Daping mylonitized alkaline granite in Yunnan and their feologic implications. *Geological Journal of China Universities*, **10**(3): 378—384.
- 郑祥身, 金成伟, 翟明国, 石永红. 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.
- Zheng Xiangshen, Jin Chengwei, Zhai Mingguo and Shi Yonghong. 1999. Petrochemistry and tectonic background of the gray gneisses in north Dabie terrane. *Acta Petrologica Sinica*, **15**(3): 350—358.
- 郑永飞, 陈福坤, 龚 冰, 赵子福. 2003. 大别—苏鲁造山带超高压变质岩原岩性质: 锆石氧同位素和 U-Pb 年龄证据. *科学通报*, **48**(2): 110—119.
- Zheng Yongfei, Chen Fukun, Gong Bing and Zhao Zifu. 2003. Protolith nature of ultrahigh pressure metamorphic rocks in the Dabie-Sulu orogenic belt: Evidence from zircon oxygen isotope and U-Pb age. *Chinese Science Bulletin*, **48**(2): 110—119.
- 庄育勋. 1998. 大别山超高压变质岩组合中石榴硬玉石英岩及相关岩石的特征——陆壳成因岩石的证据. *中国地质*, **(4)**: 30—34.
- Zhuang Yuxun. 1998. The character of jadeite quartzite and related rock of UHP metamorphic rock from Dabie Mountain—the evidence of continental crust rocks. *Chinese Geology*, **(4)**: 30—34.

The geochemical characteristic and zircons U-Pb age of gneiss in Bixiling area, Anhui Province

Xia Bin^{1,2} Huang Qiangtai^{2,4} Zhang Yuquan² Cui Shasha³

Dong Binghua^{2,4} Li He^{2,4} Zhang Hong^{2,4}

(1. Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275; 2. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640; 3. Geological Engineering Center of Geology Bureau for Nonferrous Metals of Guangdong Province, Guangzhou 510080; 4. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

Abstract

According to the comprehensive research in this paper, the chemical composition of the gneiss in Bixiling represents high Si ($\text{SiO}_2 = 73.18\% \sim 75.60\%$), low Al ($\text{Al}_2\text{O}_3 = 11.93\% \sim 12.79\%$), rich alkali ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 6.11\% \sim 7.23\%$) and high Na ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 1.51 \sim 1.94$). And for the trace elements, large-ion lithophile elements such as Rb, Ba, Th, U and Pb are rich, while high field strength elements such as Nb, Ta, Zr, Hf and Ti are poor. For the rare earth elements ($\text{TREE} = 142.38 \sim 308.44 \times 10^{-6}$), the gneiss represents relatively rich LREE ($\text{LREE}/\text{HREE} = 5.93 \sim 6.01$) enrichments and obvious Eu ($\delta\text{Eu} = 0.42 \sim 0.64$) negative abnormality. The country rock of gneiss is sedimentary because of the polysynthetic twin of plagioclase grew along the vertical direction of crystal extension and most of inherited zircons were magmatic clastic zircons of different times. The date of zircon LA-ICP-MS U-Pb is 242 Ma which belongs to Indo-Chinese epoch and is equal to the Early Triassic. According to the "inheritance zircon" U-Pb different age (Proterozoic eon 768 ~ 639 Ma and Palaeozoic era 590 ~ 358 Ma), the country rock of gneiss in Bixiling is felsic sedimentary rock which is rich in Na whose formation age is not earlier than Palaeozoic.

Key Words Zircon U-Pb age, Geochemistry, Gneiss, Bixiling, Yuexi City, Anhui Province