

湖北罗田县片麻岩地球化学和锆石 U-Pb 年龄

袁亚娟¹⁾, 夏斌^{1,2)}, 张玉泉²⁾, 夏连泽¹⁾, 李贺²⁾

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

内容提要:通过野外和室内研究结果表明,罗田县片麻岩是由沉积岩变质而成。岩石化学成分变化范围:SiO₂ = 61.25%~71.02%, Al₂O₃ = 14.35%~15.48%, Na₂O+K₂O = 4.49%~6.09% 和 CaO = 3.16%~4.80% 等, 表现为低铝、富碱、贫钙;富集 Rb、Ba、Th、K 等大离子亲石元素, P、Ti 相对亏损;富集轻稀土(LREE/HREE = 3.24~10.51)、略具 Eu 负异常($\delta\text{Eu} = 0.88\sim 0.99$)。稀土曲线呈轻稀土富集、重稀土亏损的向右倾式。在“CL”图像显示的锆石成因类型多为具有老核(继承锆石)新壳的变质复合锆石。老核继承锆石年龄从元古代—古生代,显示异地多时代的特点,表明其寄主岩的原岩沉积岩,时代不会早于古生代。

关键词:元素地球化学; 锆石 U-Pb 年龄; 片麻岩; 罗田县; 湖北省

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、绿辉石大理岩和硬玉石英岩等,均是超高压变质单元中的主要岩石类型(钟增球等,2001)。其中片麻岩出露面积在 70% 以上(Chen Daogong et al., 2000)、在 80% 以上(郑祥身等,2000; Wang Qiang et al., 2000; 刘福来等, 2004)。因此,开展其成因的研究,对研究大别-苏鲁高压、超高压变质带的地质演化历史有着重要意义。从 20 世纪 90 年代初,便开始研究锆石 U-Pb 年龄,但多集中在东部地区(李曙光等,1993,1997; Ames et al., 1996; 杨巍然等,1994; 刘建文等,1997; Rowley et al., 1997; 刘贻灿等,2000; 陈道公等, 2000; 徐惠芬等,2001; 谢智等,2004; Zheng Yongfei et al., 2003, 2004; 刘福来等,2003; 宋明春等,2003; 龚冰等,2004; Zhao Zifu et al., 2004; 唐俊等, 2004),而西部地区片麻岩研究相对较少和偏晚(陈能松等,1996; 张宏飞等,2001; 杨坤光等,2009; 杨赛红等,2009; 张富铁等,2012)。本文在前人的工作基础上,着重于罗田县片麻岩的锆石成因类型和定年研究。

1 地质岩石简况

北大别高温超高压杂岩带又称北大别杂岩带或北大别,大致分布于磨子潭-晓天断裂以南至龙井

关一水吼—五河以北地区,其南北分别为中大别超高压变质带和北淮阳浅变质岩带(Okay, 1993; 徐梧桐等,2002; Zheng Yongfei et al., 2005; Liu Yican et al., 2005, 2007a, 2007b, 2008; 刘贻灿等,2005)。研究区罗田地区位于北大别山西南部,常被称为“罗田穹窿”或“罗田片麻穹窿”(王国灿等,1998; 但卫等,2006)。在湖北罗田幅 1:20 万区域地质调查报告(图 1)中,研究区出露的岩层被划归为大别群(Ar),从下到上分别为:①方家冲组(Arf):角闪奥长片麻岩、斜长角闪岩、黑云角闪奥长片麻岩、黑云奥长片麻岩;②河铺组(Arh):一段(Arh^a)含黑云奥长片麻岩夹少量角闪奥长片麻岩;二段(Arh^b)角闪奥长片麻岩,含黑云奥长片麻岩夹黑云角闪奥长片麻岩;三段(Arh^c)斜长角闪岩、角闪奥长片麻岩、黑云奥长片麻岩,顶部偶夹透镜状大理岩,底部为含黑云奥长片麻岩;③包头河组(Arb):一段(Arb^a)含黑云二长片麻岩或黑云奥长片麻岩夹浅粒岩;二段(Arb^b)斜长角闪岩与黑云二长片麻岩或含黑云奥长片麻岩互层;三段(Arb^c)含黑云奥长片麻岩夹黑云变粒岩;四段(Arb^d)斜长角闪岩与黑云长片麻岩互层,前者常夹透镜状大理岩(湖北省地质局,1974)。从区域上看,研究区北大别西南部罗田地区的片麻岩,是一个倾向 SE 的褶皱。野外露头可以观察到深色和浅色的矿物各成条带,褶皱发育(图 2)。

注:本文为国家重点基础研究发展计划(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:2012-09-06; 改回日期:2012-11-25; 责任编辑:郝梓国,黄敏。

作者简介:袁亚娟,女,1986 年出生,博士后,从事构造地质学研究。通讯作者:夏斌,教授,Email:xb698xy@qq.com。

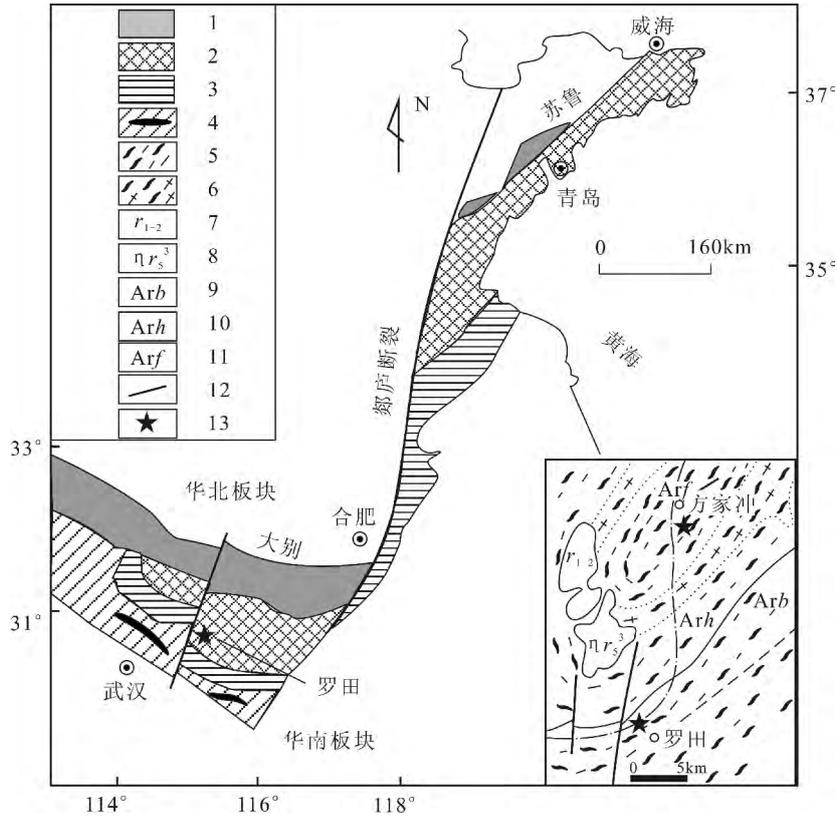


图 1 湖北罗田地区地质简图(据湖北省地质局,1974 修改)

Fig. 1 Simplified geological map of Luotian area in Hubei(modified after Bureau of Geology of Hubei Province,1974)

- 1—低级变质带;2—超高压带;3—高压带;4—高压蓝片岩带;5—条带状或条痕状混合岩;6—均质混合岩;7—花岗岩;8—二长花岗岩;
 9—包头河组;10—河铺组;11—方家冲组;12—断裂;13—采样点
- 1—Low grade metamorphic belt;2—ultrahigh-pressure belt;3—high-pressure belt;4—high-pressure blueschist belt; 5—streaky migmatite;
 6—homogenic migmatite;7—granite;8—monzonitic granite;9—Baotouhe Group;10—Hepu Group;
 11—Fangjiachong Group;12—Fault;13—sampling site



图 2 湖北罗田片麻岩野外照片

Fig. 2 The outcrop image of gneiss in Luotian area, Hubei

本文定年的片麻岩样品(FJC-2)采自方家冲村沿小溪北侧路边采石场(N30° 57.190', E115° 25.436'),样品(LT-1)采自罗田县城区北(N30°47' 82", E115°23'57"),岩石灰白色,中细粒,具变晶结构,

造岩矿物由钾长石、斜长石、石英和黑云母等组成。

2 元素地球化学

该片麻岩样品的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-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 5%。主元素和微量元素的分析流程分别见文献(Goto et al., 1994; 刘颖等, 1996)。

2.1 岩石化学

岩石化学分析结果如表 1:片麻岩主成分含量变化范围: SiO₂: 61.25% ~ 71.02%, Al₂O₃: 14.35%~15.48%, Fe₂O₃T: 2.95%~7.5%, CaO: 3.16%~4.8%, Na₂O+ K₂O: 4.49%~6.09%, 以及 Na₂O/K₂O 为 2.32~5.28,显示该片麻岩在岩石化学成分上贫铝、富碱和低钙等。与大别-苏鲁超高压变质带的副片麻岩和面理化含榴花岗岩,在岩石化学成分组成特征上具一致性(刘福来等, 2004; 张富铁等, 2012)。

2.2 微量元素(包括稀土元素)

在微量元素组成上,本文和文献的样品均富集 Rb、Ba、Th、K 等大离子亲石元素, P、Ti 相对亏损。在原始地幔标准化蛛网图上(图 3), P、Ti 呈现“V”型谷。稀土元素含量较高,变化范围为 97.23 × 10⁻⁶ ~ 150.37 × 10⁻⁶, 其中 LREE/HREE 为 3.24 ~ 10.51, 为轻稀土富集型, 略具 Eu 负异常(δEu = 0.88~0.99)。稀土曲线呈轻稀土富集、重稀土亏损

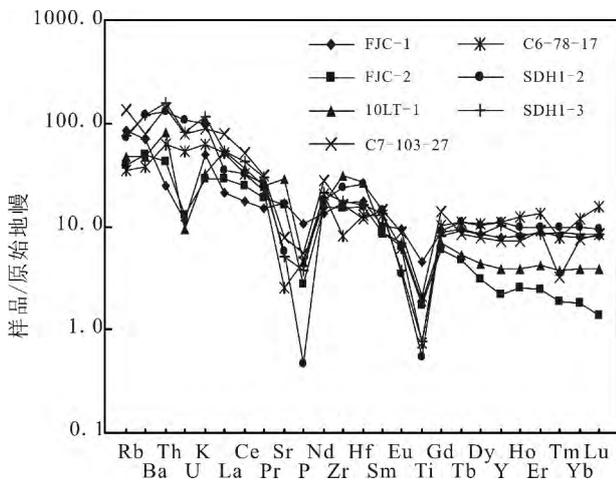


图 3 湖北罗田片麻岩微量元素原始地幔标准化蛛网图(原始地幔标准化值据 Sun 等, 1989; C7-103-27、C6-78-17 据刘福来等, 2004; SDH1-2、SDH1-3 据张富铁等, 2012)

Fig. 3 Primitive mantle-normalized spider diagram for gneiss in Luotian area in Hubei (the primitive mantle values from Sun & McDough, 1989; C7-103-27、C6-78-17 after Liu Fulai et al., 2004; SDH1-2、SDH1-3 after Zhang Futie et al., 2012)

表 1 湖北罗田片麻岩主量(%),微量(×10⁻⁶)分析结果
Table 1 Representative composition of major and trace element contents in low-grade metamorphic rocks within Luotian area in Hubei

序号*	1	2	3	4	5	6	7
样号	FJC-1	FJC-2	10LT-1	C7-103-27	C6-78-17	SDH1-2	SDH1-3
SiO ₂	61.25	71.02	69.8	70.92	75.82	77.16	75.24
TiO ₂	1.0	0.38	0.4	0.46	0.16	0.12	0.17
Al ₂ O ₃	15.48	14.35	15.14	13.45	12.66	11.00	12.3
Fe ₂ O ₃ T	7.5	2.95	2.68	1.44	2.02	1.87	1.8
MnO	0.15	0.05	0.04	0.10	0.06	0.08	0.08
MgO	2.53	0.98	0.68	1.23	0.38	0.11	0.19
CaO	4.8	3.73	3.16	2.30	1.37	0.63	0.53
Na ₂ O	3.48	3.62	5.12	4.45	5.30	3.9	4.51
K ₂ O	1.5	0.87	0.97	2.62	1.85	2.97	3.46
P ₂ O ₅	0.23	0.06	0.10	0.12	0.10	0.01	0.08
LOI	0.5	0.4	0.13	0.34	0.26	0.63	0.80
总量	98.46	98.44	98.29	99.71	99.89	98.48	99.11
Na ₂ O+K ₂ O	4.98	4.49	6.09	7.07	7.15	6.87	7.97
Na ₂ O/K ₂ O	2.32	4.16	5.27	1.70	2.86	1.31	1.30
Sc	20	7	3	14.3	7.73	6.25	6.12
V	167	43	32	73.1	11.7	8.55	18.4
Cr	20	10	10	101	116	34	13.9
Co	16.8	5.7	4.5	10.1	2.61	1.73	1.45
Ni	10	5	4	22.9	8.49	16	6.19
Rb	53.3	25	30	86.9	22.0	46.5	48.1
Sr	351	341	616	162	53.1	121	106
Y	36	10	17.5	33.2	51.0	50.46	46.37
Zr	187	165	343	178	91.5	271	193
Ba	498	348	327	556	266	840	832
Hf	5.5	4.8	8.3	3.73	3.93	7.95	5.01
Th	2.1	3.6	7	11.8	5.24	11	13.4
U	0.24	0.27	0.20	1.64	1.11	2.22	1.69
La	14.3	20.2	37.3	54.2	35.3	24.5	37.4
Ce	31.3	43.3	65.4	90.0	58.5	57.2	76.5
Pr	4.2	5.3	6.75	8.76	6.13	6.99	8.25
Nd	18.3	20.9	22.8	37.0	27.4	25	28.3
Sm	4.6	3.9	3.9	6.32	5.61	6.41	6.03
Eu	1.59	1.06	1.16	1.48	1.02	0.58	0.62
Gd	5.2	3.51	4.16	8.34	6.16	5.42	4.83
Tb	1	0.5	0.58	0.92	1.20	1.18	0.999
Dy	6.18	2.28	3.18	5.67	7.66	7.47	6.22
Ho	1.34	0.42	0.64	1.20	2.02	1.64	1.4
Er	4.12	1.19	2.03	4.43	6.45	4.74	4.11
Tm	0.6	0.14	0.28	0.24	0.58	0.729	0.639
Yb	3.9	0.9	1.9	3.65	5.95	4.79	4.19
Lu	0.6	0.1	0.29	0.63	1.14	0.696	0.62
TREE	97.23	103.7	150.37	222.84	165.12	147.3	180.1
LREE/HREE	3.24	10.47	10.51	7.89	4.30	4.53	6.83
δEu	0.99	0.88	0.88	0.62	0.53	0.30	0.35
(La/Yb) _N	2.63	16.10	14.08	10.65	4.26	3.67	6.40

注: * 1~3(本文), 4~5(刘福来等, 2004), 6~7(张富铁等, 2012)。

表 2 湖北罗田片麻岩锆石 LA ICP MS U-Pb 年龄数据

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

序号	测点	Pb	Th	U	Th/U	²⁰⁷ Pb/	²⁰⁷ Pb/	²⁰⁶ Pb/	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U
		($\times 10^{-6}$)	($\times 10^{-6}$)	($\times 10^{-6}$)		²⁰⁶ Pb	²³⁵ U	²³⁸ U	(Ma)	(Ma)
1	FJC-2-1-1	44	364	254	1.43	0.0729±100	0.8578±1166	0.0989±51	1011±280	607.9±30.1
2	FJC-2-1-2	14	12	382	0.03	0.0556±69	0.2121±256	0.0317±15	439±250	201.0±9.6
3	FJC-2-2-1	13	75	125	0.60	0.0686±98	0.5813±626	0.0737±36	887±296	458.2±21.7
4	FJC-2-3-1	10	60	65	0.92	0.0637±64	0.8863±751	0.1106±48	731±215	676.2±27.8
5	FJC-2-4-2	1	0.7	35	0.20	0.0618±135	0.2564±523	0.0387±25	666±477	244.8±16.0
6	FJC-2-5-1	7	37	45	0.82	0.0682±64	1.0490±874	0.1174±46	876±162	715.3±26.4
7	FJC-2-6-2	10	8	276	0.02	0.0495±44	0.2290±195	0.0334±10	172±193	212.0±6.2
8	FJC-2-7-1	14	78	144	0.54	0.0604±43	0.5969±382	0.0739±18	617±156	459.4±11.0
9	FJC-2-8-1	13	93	78	1.19	0.0612±36	0.9643±582	0.1143±29	656±123	697.7±17.0
10	FJC-2-9-1	18	128	157	0.81	0.0616±49	0.6769±500	0.0829±24	661±177	513.6±14.5
11	FJC-2-10-1	7	58	70	0.82	0.0605±75	0.5487±750	0.0666±43	633±273	415.8±25.9
12	FJC-2-11-1	11	59	72	0.81	0.0633±37	0.9722±532	0.1122±23	717±126	685.3±13.1
13	FJC-2-12-1	18	111	141	0.78	0.0636±56	0.7893±755	0.0914±41	728±187	564.0±24.5
14	FJC-2-13-2	7	5	176	0.02	0.0532±45	0.2600±199	0.0370±13	345±194	234.5±8.3
15	FJC-2-14-1	8	48	79	0.60	0.0548±60	0.5810±677	0.0733±40	467±246	456.3±23.9
16	FJC-2-15-1	11	70	94	0.74	0.0632±42	0.8196±538	0.0949±29	722±140	584.5±17.0
17	FJC-2-16-1	34	414	196	2.11	0.0619±30	0.8767±396	0.1030±24	672±104	632.0±13.9
18	FJC-2-17-1	13	82	82	1.00	0.0662±43	0.9851±586	0.1095±29	813±135	669.8±16.6
19	FJC-2-18-1	13	77	89	0.86	0.0593±39	0.9403±669	0.1140±42	589±144	695.7±24.2
20	FJC-2-19-1	12	60	140	0.42	0.0555±46	0.5257±465	0.0709±30	432±187	441.6±18.2
21	FJC-2-20-1	17	113	114	0.99	0.0626±34	0.9471±496	0.1087±24	694±117	665.4±13.7
22	FJC-2-21-2	7	5	196	0.02	0.0500±41	0.2423±189	0.0348±10	195±178	220.8±5.9
23	FJC-2-22-1	13	81	79	1.02	0.0623±43	1.0387±718	0.1198±32	683±150	729.7±18.3
24	FJC-2-23-1	12	68	80	0.85	0.0665±50	1.0044±709	0.1115±37	822±156	681.4±21.5
25	FJC-2-24-1	45	249	275	0.90	0.0658±30	1.1219±505	0.1226±23	1200±96	745.5±13.1
26	FJC-2-25-1	10	63	92	0.68	0.0563±115	0.5790±927	0.0751±42	465±398	466.5±25.3
27	FJC-2-26-1	17	111	105	1.05	0.0639±49	0.9859±738	0.1135±30	739±166	693.2±17.5
28	FJC-2-27-1	41	269	261	1.03	0.0641±31	0.9889±501	0.1109±22	746±108	678.0±12.5
29	FJC-2-28-2	9	19	248	0.07	0.0512±36	0.2237±138	0.0324±7	250±192	205.4±4.2
30	FJC-2-29-1	14	67	187	0.35	0.1185±652	0.4534±322	0.0608±18	1944±1172	380.3±11.1
31	FJC-2-30-1	33	214	198	1.08	0.0658±31	1.0866±493	0.1193±22	798±98	726.8±12.9
32	FJC-2-30-2	15	19	437	0.04	0.0525±35	0.2431±150	0.0340±9	309±154	215.4±5.5
33	LT-1-1-1	15	127	103	1.23	0.0590±63	0.7730±758	0.0979±35	569±231	602.3±20.3
34	LT-1-2-1	20	181	113	1.60	0.0622±44	0.9621±655	0.1127±32	683±152	688.4±18.3
35	LT-1-3-1	13	127	168	0.76	0.0547±37	0.4726±358	0.0617±20	398±150	386.1±12.0
36	LT-1-4-1	46	272	356	0.77	0.0543±132	0.9644±1277	0.1015±66	383±470	623.5±38.5
37	LT-1-5-1	15	109	102	1.07	0.0672±50	0.9693±644	0.1071±24	844±154	656.1±14.2
38	LT-1-6-1	25	190	153	1.24	0.0631±35	1.0282±587	0.1173±25	711±120	715.1±14.5
39	LT-1-7-1	34	328	191	1.72	0.0629±33	1.0143±526	0.1159±22	706±111	706.6±12.9
40	LT-1-8-1	11	71	229	0.31	0.0619±44	1.0044±694	0.1178±31	672±154	717.7±18.1
41	LT-1-9-1	60	514	427	1.20	0.0559±30	0.8918±538	0.1151±40	456±119	702.1±23.1
42	LT-1-10-1	53	549	317	1.73	0.0542±34	0.2834±493	0.1036±24	389±143	635.5±14.0
43	LT-1-11-1	22	181	147	1.23	0.0495±130	0.8614±3332	0.1078±45	169±531	659.8±26.2
44	LT-1-11-2	16	54	334	0.16	0.0531±49	0.2834±245	0.0398±11	332±213	251.8±6.7
45	LT-1-11-3	39	25	1068	0.02	0.0463±24	0.2261±116	0.0351±7	13±119	222.2±4.6
46	LT-1-12-1	43	153	301	0.51	0.0600±37	0.9899±586	0.1182±25	606±133	720.0±14.2
47	LT-1-13-1	26	121	203	0.60	0.0622±38	0.8540±526	0.0981±22	680±130	603.4±12.7
48	LT-1-14-1	16	122	108	1.12	0.0613±34	0.9095±429	0.1052±18	650±121	645.0±10.4
49	LT-1-15-1	78	516	565	0.91	0.0618±30	0.8932±354	0.1013±15	733±104	621.8±8.6
50	LT-1-16-1	67	462	393	1.18	0.0584±32	1.0422±380	0.1251±20	546±120	759.7±11.2
51	LT-1-17-1	62	460	428	1.07	0.0567±35	0.8576±359	0.1054±19	480±132	646.2±11.0
52	LT-1-18-1	32	218	200	1.09	0.0610±37	1.0385±447	0.1199±22	639±131	730.0±12.6
53	LT-1-19-1	97	560	618	0.91	0.0628±30	1.1024±372	0.1236±18	702±100	751.4±10.1

续表 2

序号	测点	Pb ($\times 10^{-6}$)	Th ($\times 10^{-6}$)	U ($\times 10^{-6}$)	Th/U	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (Ma)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)
54	LT-1-20-1	23	143	150	0.95	0.0681 \pm 34	1.1016 \pm 453	0.1154 \pm 19	872 \pm 104	703.8 \pm 11.2
55	LT-1-21-1	23	194	123	1.57	0.0637 \pm 31	1.1293 \pm 524	0.1254 \pm 21	731 \pm 102	761.5 \pm 118
56	LT-1-22-1	133	828	830	1.00	0.0644 \pm 26	1.1180 \pm 451	0.1241 \pm 22	754 \pm 86	754.0 \pm 12.5
57	LT-1-23-1	25	202	134	1.50	0.0647 \pm 25	1.1231 \pm 423	0.1248 \pm 21	765 \pm 88	758.4 \pm 12.2
58	LT-1-24-1	20	144	137	1.04	0.0634 \pm 27	0.9269 \pm 408	0.1046 \pm 18	720 \pm 91	641.4 \pm 10.6
59	LT-1-25-1	48	658	215	3.06	0.0606 \pm 41	0.9488 \pm 575	0.1077 \pm 34	633 \pm 146	659.2 \pm 19.7
60	LT-1-26-1	15	140	125	1.12	0.0734 \pm 35	0.8129 \pm 392	0.0787 \pm 19	1033 \pm 94	488.1 \pm 11.3
61	LT-1-27-1	36	168	250	0.67	0.0606 \pm 26	1.0471 \pm 429	0.1240 \pm 28	633 \pm 94	753.3 \pm 16.1

的向右倾式(图 4)。

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 0.5kg 左右的样品破碎成约 1cm³的小块,放入直径为 20cm 的不锈钢钵中,在 XZW100 型振动磨样机中研磨 3~5s 后取出,此过程反复进行到样品全部通过 0.3mm 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。

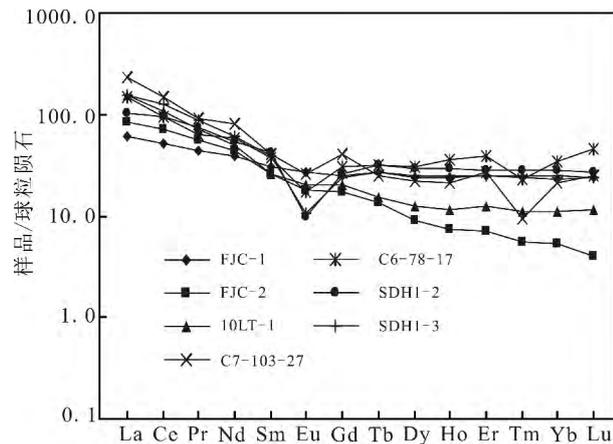


图 4 湖北罗田片麻岩稀土元素球粒陨石标准化配分图(球粒陨石标准化值据 Sun 等,1989;C7-103-27、C6-78-17 据刘福来等,2004;SDHI-2、SDHI-3 据张富铁等,2012)

Fig. 4 Chondrite-normalized REE distribution patterns for gneiss in Luotian area in Hubei(the chondrite values from Sun&McDough, 1989; C7-103-27、C6-78-17 after Liu Fulai et al,2004; SDHI-2、SDHI-3 after Zhang Futie et al. ,2012)

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地球化学国家重点实验室完成。仪器采用美国 Resonetics 公司生产的 RESolution

M-50 激光剥蚀系统和 Agilent 7500a 型的 ICP-MS 联机。用 He 作为剥蚀物质的载气。用美国国家标准技术研究院人工合成硅酸盐玻璃标准参考物质 NIST610 进行仪器最佳化,使仪器达到最佳的灵敏度、最小的氧化物产率(CeO/Ce<3%)和最低的背景值。实验采用标准锆石 TEMORA (Black et al. , 2003) 作为测年外标,所测元素激光斑束直径为 31 μm ,频率为 8Hz。详细实验流程和数据处理见文献(Liu Yongsheng et al, 2009; 涂湘林等,2011)。应用实测²⁰⁴Pb 校正锆石中的普通铅。锆石年龄的元素含量,年龄计算以及谐和图用 Isoplot3.0 (Ludwig,2003) 来完成。单个数据点的误差均为 1 σ ,采用年龄为²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄,其加权平均值为 95%的置信度。

3.3 分析结果

罗田县(方家冲和城区北)片麻岩阴极发光图像(图 5)显示:在结构上,多为核、幔、壳三层结构,其中老核(继承锆石)多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(表 2)结果如下。

(1)方家冲片麻岩,老核(继承锆石)测定 25 个点,Th 的含量变化在 37 $\times 10^{-6}$ ~414 $\times 10^{-6}$,U 的含量变化在 45 $\times 10^{-6}$ ~275 $\times 10^{-6}$ 。钍铀比(Th/U)在 0.35~2.11。其年龄值分别属于新元古代 17 个(745Ma,729Ma,726Ma,715Ma,697Ma,695Ma,693Ma,685Ma,681Ma,678Ma,676Ma,669Ma,665Ma,632Ma,607 Ma,584Ma 和 564Ma)和古生代 8 个(513Ma,466Ma,459Ma,458Ma,456Ma,441Ma,415Ma 和 380Ma)。变质复合锆石的新壳(变质锆石)测定 7 个点,Th 的含量 0.7 $\times 10^{-6}$ ~19 $\times 10^{-6}$,U 的含量 35 $\times 10^{-6}$ ~437 $\times 10^{-6}$,钍铀比(Th/U)在 0.02~0.20 之间,其年龄值属于中生代(244Ma,234Ma,220Ma,215Ma,212Ma,205Ma,201Ma),相当于早中三叠世(244Ma,234Ma)和晚



图 5 湖北罗田片麻岩锆石的 CL 图像及测点位置

Fig. 5 Cathode luminescence images of zircons from Luotian gneiss in Hubei and sites of points for analyses

三叠世(220Ma、215Ma、212Ma、205Ma、201Ma)；

(2)城区北片麻岩,老核(继承锆石)测定 27 个点,其中,LT-1-11-1 的年龄数据误差较大,删除。Th 的含量变化在 $71 \times 10^{-6} \sim 828 \times 10^{-6}$,U 的含量变化在 $102 \times 10^{-6} \sim 830 \times 10^{-6}$ 。钍铀比(Th/U)在 0.31~3.06。其年龄值分别属于新元古代 25 个(761Ma、759Ma、758Ma、754Ma、753Ma、751Ma、730Ma、720Ma、717Ma、715Ma、706Ma、703Ma、702Ma、688Ma、659Ma、659Ma、656Ma、646Ma、645Ma、641Ma、635Ma、623Ma、621Ma、603Ma 和 602Ma)和古生代 2 个(488Ma 和 386Ma)。变质复合锆石的新壳(变质锆石)测定 2 个点,Th 的含量

54×10^{-6} 、 25×10^{-6} ,U 的含量 334×10^{-6} 、 1068×10^{-6} ,钍铀比(Th/U)分别为 0.16、0.02,其年龄值属于中生代(251Ma 和 222Ma),相当于早、晚三叠世。锆石测点数据均表现出较好的谐和性,详见锆石谐和图(图 6)。

4 讨论

4.1 罗田片麻岩锆石成因类型及继承锆石 U-Pb 年龄
常见的锆石类型主要有岩浆锆石、变质锆石、岩浆复合锆石和变质复合锆石(张玉泉等,2004)。其中变质复合锆石中老核为继承锆石,表明其在寄主岩变质作用过程中,原封不动的保存下来。罗田片

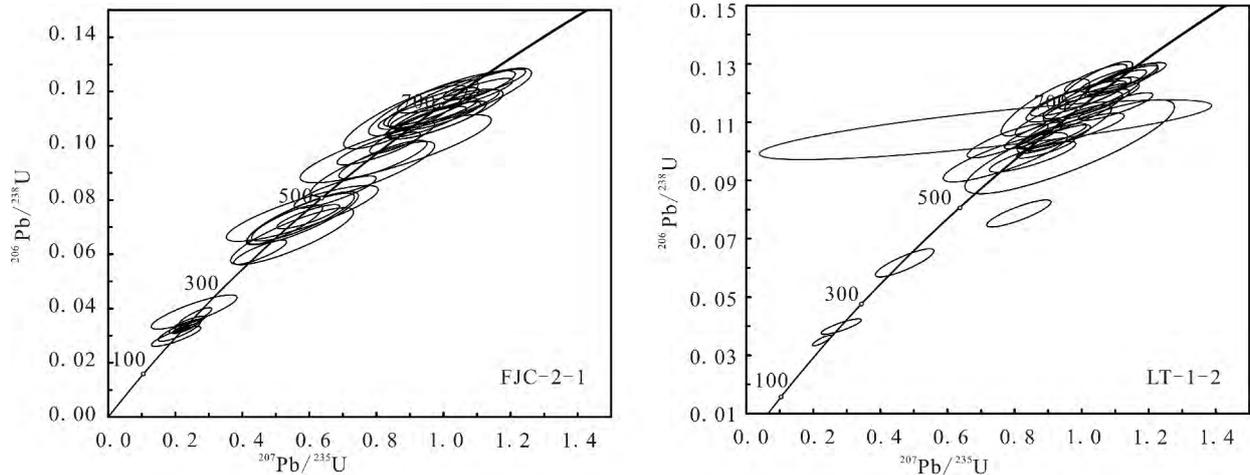


图 6 湖北罗田片麻岩锆石 U-Pb 谐和图

Fig. 6 Concordia diagram of U-Pb data for the zircon from gneiss in Luotian area, Hubei

麻岩中的继承锆石,绝大部分是岩浆碎屑锆石,暗示在锆石结晶之后经过了搬运、破碎和再堆积的过程。

由于早期研究者多认为大别-苏鲁超高压变质带中片麻岩原岩是岩浆岩,其继承锆石为一次岩浆作用的产物,U-Pb 年龄范围在 800~700Ma,而小于 700Ma 的年龄,多认为是由退变质、重结晶和脱晶化等作用,导致 Pb 丢失的结果。然而,陈道公等(2000)认为该区岩浆锆石(继承锆石)在变质过程中,可能由于锆石的变质增生,而不是铅丢失。因此,经过超高压变质岩石中“继承锆石”,其年龄值基本代表其原始原岩的年龄信息。

4.2 罗田片麻岩原岩的属性

根据野外和室内研究结果,罗田片麻岩的原岩是沉积岩,其依据:①该岩层褶皱发育(图 2);②发育反映原沉积岩韵律层的黑白条带;③“CL”图像显示的锆石成因类型,均为变质锆石和具有老核(继承锆石)新壳的变质复合锆石,其中老核“继承锆石”为岩浆碎屑锆石;④“继承锆石”年龄从新元古代(761Ma~564Ma)到古生代(513Ma、488Ma、459Ma、466Ma、458Ma、456Ma、441Ma、415Ma、386Ma 和 380Ma),表明“继承锆石”是异地多时代的。

4.3 罗田县片麻岩原岩的时代

前述资料表明罗田县片麻岩原岩为沉积岩。因此,原岩时代的确定可以通过变质复合锆石中的老核(继承锆石)的定年来确定其近似时代。罗田县片麻岩继承锆石测定 52 个锆石,属于新元古代的 42 个(761~564Ma)、古生代的 10 个(513Ma、488Ma、459Ma、466Ma、458Ma、456Ma、441Ma、415Ma、386Ma 和 380Ma)。比较多的古生代岩浆碎屑锆石

存在,表明罗田县地区的片麻岩的原岩时代不会早于古生代。

4.4 罗田县超高压变质单元岩石原岩产出的环境

罗田地区超高压变质单元的片麻岩,其原岩均为长英质的浅海相沉积岩。它和麻城市四道河地区面理化含榴花岗岩、岳西县碧溪岭片麻岩和苏鲁地区的江苏东海片麻状碱性花岗岩(夏斌等,2011,2012)等,均是伴随古生代的大别-苏鲁海盆或夭折的洋盆产出。

5 结论

- (1)罗田片麻岩原岩为沉积岩;
- (2)罗田片麻岩时代不会早于古生代;
- (3)罗田片麻岩是伴随古生代的大别-苏鲁海盆或夭折的洋盆产出。

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!

参 考 文 献

- 陈道公, Delouie E, 夏群科, 程昊. 2000. 北大别片麻岩中锆石 U-Pb 年龄离子探针初步测定. 岩石学报, 16(2): 199~202.
- 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): 1009~1011.
- 但卫, 杨坤光, 马昌前. 2006. 东大别罗田地区纵弯式褶皱及其地质意义. 大地构造与成矿学, 30(4): 422~429.
- 龚冰, 郑永飞, 吴元保. 2004. 胶南桃行超高压变质岩的氧同位素地球化学及其年代学制约. 岩石学报, 20(5): 1097~1115.
- 湖北省地质局. 1974. 1:200000 区域地质调查报告(罗田幅).
- 李曙光, 陈移之, 葛宁洁, 刘德良, 张志敏, 张巧大, 赵敦敏. 1993. 青岛

- 榴辉岩及胶南群片麻岩的锆石 U-Pb 年龄——胶南群中晋宁期岩浆事件的证据. 科学通报, 38(19):1773~1777.
- 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(2):229~237.
- 刘福来, 许志琴, 杨经绥, 张泽明, 薛怀民, 李天福. 2004. 中国大陆科学钻探工程主孔及周边地区花岗质片麻岩的地球化学性质和超高压变质作用标志的识别. 岩石学报, 20(1):9~26.
- 刘建文, 张希道, 栾元滇, 王兰中, 张忠义, 王炳颖. 1997. 崂山头一带含霓石碱长花岗岩的基本特征及其地质意义. 山东地质, 13(1):50~59.
- 刘贻灿, 李曙光, 徐树桐, 李惠民, 江来利, 陈冠宝, 吴维平, 苏文. 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):417~422.
- 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.
- 刘颖, 刘海臣, 李献华. 1996. 用 ICP-MS 准确测定岩石样品中的 40 余种微量元素. 地球化学, 25(6):552~558.
- 宋明春, 金振民, 王来明, 张希道, 李远友. 2003. 鲁东官山榴辉岩与围岩接触关系的新发现及其对年代学的启示. 地质学报, 77(2):238~244.
- 唐俊, 郑永飞, 吴元保, 查向平, 周建波. 2004. 胶东地块东部变质岩锆石 U-Pb 定年和氧同位素研究. 岩石学报, 20(5):1039~1062.
- 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.
- 王国灿, 杨巍然. 1998. 大别造山带中新生代隆升作用的时空格局——构造年代学证据. 地球科学——中国地质大学学报, 23(5):416~467.
- 夏斌, 黄强太, 张玉泉, 崔莎莎, 董冰华, 李贺, 张红. 2012. 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. 地质科学, 47(2):376~386.
- 夏斌, 王敏, 张玉泉, 李建峰, 黄强太, 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):1464~1476.
- 谢智, 高天山, 陈江峰. 2004. 北大别片麻岩的多阶段演化: 锆石 U-Pb 年代学证据. 科学通报, 49(16):1653~1659.
- 徐惠芬, 杨天南, 刘福来, Liou J G. 2001. 苏鲁高压—超高压变质带南部花岗岩片麻岩—花岗岩的多时代演化. 地质学报, 75(3):371~378.
- 徐树桐, 刘贻灿, 江来利, 吴维平, 陈冠宝. 2002. 大别山造山带的构造几何学和运动学. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1~133.
- 杨坤光, 谢建磊, 刘强, 但卫, 余振兵, 马昌前. 2009. 西大别洋湾面理化含榴花岗岩变形特征与锆石 SHRIMP 定年. 中国科学(D 辑: 地球科学), 39(4):464~473.
- 杨赛红, 吴元保, 刘小驰, 汪晶, 彭敏, 焦文放. 2009. 西大别洋湾超高压变质带变沉积岩锆石 U-Pb 年龄及地质意义. 地球科学, 34(1):179~188.
- 杨巍然, 邓清禄. 1994. 地学开台律及其在秦岭—大别造山带中的应
用. 湖北地质, 8(1):1~12.
- 张富铁, 夏斌, 张玉泉, 黄强太, 张红, 李贺. 2012. 湖北麻城市四道河地区面理化含榴花岗岩的成因. 大地构造与成矿学, 36(2):293~300.
- 张宏飞, 钟增球, 高山, 张本仁, 李惠民. 2001. 大别山西面理化含榴花岗岩锆石 U-Pb 年龄. 科学通报, 46(10):843~846.
- 张玉泉, 夏斌, 梁华英, 刘红英, 林清茶. 2004. 云南大平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.
- 郑祥身, 金成伟, 瞿明国, 石永红. 2000. 北大别灰色片麻岩原岩性质的探讨: Sm-Nd 同位素年龄及同位素成分特点. 岩石学报, 16(2):194~198.
- 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. 地球科学, 21(4):560~576.
- Ames L, Zhou G, Xiong B. 1996. Geochronology and geochemistry of ultrahigh-pressure metamorphism with implications for collision of the Sino-Korean and Yangtze cratons, central China. Tectonics, 15(2):472~489.
- Black L P, Kamo S L, Allen C M, Aleinikoff J N, Davis D W, Korsch R J, Foudoulis C. 2003. TEMORA 1: A new zircon standard for Phanerozoic U-Pb geochronology. Chemical Geology, 200(1, 2):155~170.
- Chen Daogong, Isachsen C, Zhi Xiechen, Zhou Taixi, Cheng Hao, Xia Qunke. 2000. Zircon U/Pb Ages for Gneiss from Qianshan, Anhui. Chinese Science Bulletin, 45(8):764~767.
- Goto A, Tatsumi Y. 1994. Quantitative Analysis of Rocks Samples by an X-ray Fluorescence Spectrometer(1). Rigaku J, 11(1):40~59.
- Liu Yican, Li Shuguang, Xu Shutong, Jahn B M, Zheng, Yongfei, Zhang Zongqing, Jiang Laili, Chen Guanbao, Wu Weiping. 2005. Geochemistry and geochronology of eclogites from the northern Dabie Mountains, central China. Journal of Asian Earth Sciences, 25(3):431~443.
- Liu Yican, Li Shuguang, Xu Shutong. 2007a. Zircon SHRIMP U-Pb dating for gneisses in northern Dabie high T/P metamorphic zone, central China: Implications for decoupling within subducted continental crust. Lithos, 96(1):170~185.
- Liu Yican, Li Shuguang. 2008. Detachment within subducted continental crust and multi-slice successive exhumation of ultrahigh-pressure metamorphic rocks: Evidence from the Dabie-Sulu orogenic belt. Chinese Science Bulletin, 53(20):3105~3119.
- Liu Yican, Li Shuguang, Gu Xiaofeng, Xu Shutong, Chen Guanbao. 2007b. Ultrahigh-pressure eclogite transformed from mafic granulite in the Dabie orogen, east-central China. Journal of Metamorphic Geology, 25(9):975~989.
- Liu Yongsheng, Gao Shan, Hu Zhaochu, Gao Changgui, Zong Keqing, Wang Dongbing. 2009. Continental and oceanic crust recycling-induced melt-pendotite interactions in the Trans-North China Orogen: U-Pb dating, Hf isotopes and trace elements in zircons from mantle xenoliths. J. Petrology, 51(1,2):537~571.
- Ludwig K R. 2003. User's Manual for A Geochronological Toolkit

- for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center, Special Publication, 4: 1~70.
- Okay A I. 1993. Petrology of a diamond and coesite-bearing metamorphic terrain-Dabie shan, China. *European Journal of Mineralogy*, 5: 659~675.
- Rowley D B, Xue F, Tucker R D, Peng Z X, Baker J, Davis A. 1997. Ages of ultrahigh pressure metamorphic and protolith orthogneisses from the eastern Dabie Shan: U/Pb zircon geochronology, *EPSL*, 151: 191~203.
- Sun S S, McDough W F. 1989. chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders A D and Norry M J eds. *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society Special Publications. 42: 313~345.
- Wang Qiang, Xu Jifeng, Wang Jianxin, Zhao Zhenhua, Wang Renjing, Qiu Jiexiang, Xiong Xiaolin, Sang Longkang and Peng Lianhong. 2000. The recognition of adakite-type gneisses in the North Dabie Mountain and its implication to ultrahigh pressure metamorphic geology. *Chinese Science Bulletin*, 45(21): 1927~1933.
- Zhao Zifu, Zheng Yongfei, Wei Chunsheng, Wu Yuanbao. 2004. Zircon isotope evidence for recycling of subducted continental crust in post-collisional granitoids from the Dabie terrane in China. *Geophysical Research Letters*, 31, L22602.
- Zheng Yongfei, Fu Bin, Gong Bing, Li Long. 2003. Stable isotope geochemistry of ultrahigh pressure metamorphic rocks from the Dabie-Sulu orogen in China Implications for geodynamics and fluid regime. *Earth-Science Review*, 62(1-2): 105~161.
- Zheng Yongfei, Wu Yuanbao, Chen Fukun, Gong Bing, Li Long, Zhao Zifu. 2004. Zircon U-Pb and Oxygen isotope evidence for a large-scale ^{18}O depletion event in igneous rocks during the Neoproterozoic. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68(20): 4145~4165.
- Zheng Yongfei, Zhou Jianbo, Wu Yuanbao, Xie Zhi. 2005. Low-grade metamorphic rocks in the Dabie-Sulu orogenic belt: A passive-margin accretionary wedge deformed during continent subduction. *International Geology Review*, 47(8), 851~871.

Geochemical Characteristics and Zircon U-Pb Ages of Gneiss in Luotian Country, Hubei Province

YUAN Yajuan¹⁾, XIA Bin^{1,2)}, ZHANG Yuquan²⁾, XIA Lianze¹⁾, LI He²⁾

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

2) *Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, 510640*

Abstract

The gneiss in Luotian area are characterized by low Al_2O_3 ($\text{Al}_2\text{O}_3 = 14.35\% \sim 15.48\%$), alkali-rich ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 4.49\% \sim 6.09\%$) and low CaO ($\text{CaO} = 3.16\% \sim 4.80\%$). They are further characterized by enrichment in large-ion lithophile elements such as Rb, Ba, Th and K and depletion in high field-strength elements such as P and Ti. The concentration of rare earth elements (REE) is in the range $170.51 \times 10^{-6} \sim 263.49 \times 10^{-6}$. These rocks are enriched in light REE (LREE/HREE = 3.24~10.51) and lack of Eu negative anomaly ($\delta\text{Eu} = 0.88 \sim 0.99$). The REE distribution patterns are represented by right-inclined curves. CL images clearly show that most of the analyzed zircons are metamorphic composite zircons which have relict inner-cores and outer growth rims. Above all, a large number of allochthonous inherited zircon are formed in different times, which indicates the original rock of the Shiqiao gneiss should be sedimentary rocks and it may not be earlier than the Paleozoic era.

Key words: geochemistry; zircon U-Pb ages; gneiss; Luotian County; Hubei Province