

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

北大别片麻岩的锆石 U-Pb 年龄离子探针测定及其地质意义

吴元保¹⁾ 陈道公¹⁾ E. DELOULE²⁾ 夏群科¹⁾ 李彬贤¹⁾ 程 昊¹⁾

1) 中国科学技术大学地球与空间科学系, 合肥, 230026

2) CRPG-CNRS, Nancy, France

内容提要 本文对北大别西部的湖北英山万家老屋、罗田七道河尹家店和安徽金寨丁埠乡李集3个片麻岩样品中锆石进行了 BSE 显微结构分析,并在此基础上对锆石进行了离子探针 U-Pb 年龄测定。结果表明北大别存在两种类型的片麻岩,它们的原岩分别形成于晋宁期和燕山期,其中英山万家老屋片麻岩的形成年龄为794 Ma,后期地质事件对其锆石 U-Pb 年龄造成的影响较小;七道河尹家店片麻岩的形成年龄为730 Ma,并可能受到了燕山期岩浆事件的影响,得到了140 Ma 左右的变质年龄;丁埠乡李集片麻岩的形成年龄为140 Ma。结合已有的年代学结果,北大别地体广泛存在晋宁期的岩浆事件,表明其可能为扬子板块的北缘。

关键词 北大别 片麻岩 锆石 U-Pb 年龄 离子探针 背散射图像

秦岭大别造山带是扬子陆块与华北陆块间的复杂碰撞造山带。东部大别部分陆壳岩石中金刚石(Xu et al., 1992)和柯石英(Okay, 1993)等超高压指示矿物的发现使其倍受研究者关注。大别山变质岩区从北到南依次划分为3个岩石构造单元:北大别变质杂岩、南大别变质杂岩(超高压变质单元)和宿松变质杂岩(徐树桐等, 1992; Zhai et al., 1995; 邓晋福等, 2000)。北大别变质杂岩是一套以英云闪长质片麻岩为主的正片麻岩,有少量镁铁-超镁铁岩侵入体,并有大量燕山期花岗岩浆侵入其中。

由于确定北大别变质杂岩的成因和构造属性在整个大别碰撞造山带研究中有非常重要的意义(王清晨等, 1998),而这套片麻岩占整个北大别杂岩的70%以上,所以其形成和演化是人们研究的重点。但是目前对其形成和变质时代还有十分不一致的认识。Xue 等(1997)根据片麻岩中锆石 U-Pb TIMS 法得到了不一致曲线的下交点年龄为134 Ma,并将此解释为花岗片麻岩的侵位时代;Hacker 等(1998)用锆石 U-Pb 的 SHRIMP 和 TIMS 法得到了相似的结论;而郑祥身等(2000)得到了片麻岩1047 Ma 的全岩 Sm-Nd 等时年龄,并把它解释为片麻岩的形成年龄;陈道公等(2000)对鹿吐石和道士冲片麻岩中的

锆石进行了离子探针 U-Pb 年龄的初步测定,结果表明这些锆石为古老的岩浆锆石,并受到了三叠纪变质锆石或白垩纪岩浆锆石混合、增生作用的影响。这些年龄的不一致限制了对其形成、演化历史及构造属性的认识。

由于北大别灰色片麻岩形成以后经历了角闪岩相-麻粒岩相的变质作用,而且可能受到了燕山期花岗岩及富钾碱性岩脉侵入的影响(郑祥身等, 2000),其全岩 Sm-Nd 体系有可能被扰动而不能给出真正的形成年龄。对于有复杂地质演化历史的变质岩的锆石 U-Pb 的 TIMS 法得到的上下交点年龄所代表的地质意义需要有其他证据加以支持(Hanchar et al., 1993; Mezger et al., 1997)。背散射(BSE)和/或阴极荧光(CL)图像控制的锆石微区原位 U-Pb 离子探针定年是解决这一问题最为有效的方法(Hanchar et al., 1993; Vavra et al., 1996, 1999)。本文对白垩纪花岗岩出露较少的北大别西部3个片麻岩样品的锆石进行了 BSE 观察,并在此基础上用 CAMECA1270离子探针进行了锆石的微区定年,来确定这套片麻岩的形成年龄和后期地质事件对其产生的影响,并对其构造属性提供年代学制约。

注:本文为国家自然科学基金(编号 49794042, 49933019)和中国科学院项目(编号 KZ51-AI-401-05)联合资助的成果

收稿日期:2000-08-10;改回日期:2001-01-14;责任编辑:郝梓国。

作者简介:吴元保,男,1971年生。1994年毕业于中国地质大学地球化学系。现为中国科技大学地球与空间科学系博士生。主要从事同位素地球化学方面的工作。通讯地址,230026,中国科学技术大学地球与空间科学系。

表 1 锆石离子探针 U/Pb 年龄分析数据

Table 1 U-Pb ages and relative results of zircon ion probe analyses

样品号	U ($\times 10^{-6}$)	Th ($\times 10^{-6}$)	Th/U	同位素比值					年龄 (Ma)			
				$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm$
98WJ1-36-1	200	202	1.01	6135	0.1215	0.0003	1.104	0.007	739	2	755	3
98WJ1-36-2	114	81	0.71	4000	0.1310	0.0012	1.191	0.017	794	7	796	8
98WJ1-37-1	151	151	1.00	3425	0.1211	0.0004	1.083	0.008	737	2	745	4
98WJ1-42-1	293	170	0.58	24876	0.2970	0.0021	5.741	0.061	1677	11	1938	9
98WJ1-40-1	235	237	1.01	9091	0.1174	0.0013	1.060	0.014	715	8	734	7
98WJ1-42-2	339	64	0.19	16978	0.2987	0.0040	5.427	0.120	1685	20	1889	19
98YJD-33-1	190	178	0.94	5988	0.0741	0.0020	0.633	0.020	461	12	498	12
98YJD-29-1	57	25	0.43	1159	0.0372	0.0005	0.289	0.011	235	3	258	8
98YJD-30-1	42	35	0.82	2500	0.0921	0.0005	0.798	0.013	568	3	595	7
98YJD-31-1	146	62	0.42	1969	0.0365	0.0008	0.302	0.011	231	5	268	9
98YJD-t1	163	13	0.08	3145	0.0234	0.0007	0.192	0.010	149	4	178	8
98YJD-32	46	28	0.61	3311	0.1193	0.0022	1.042	0.026	727	13	725	13
98LJ3-59-1	355	345	0.97	2469	0.0248	0.0004	0.178	0.004	158	3	166	3
98LJ3-59-2	190	184	0.97	14859	0.1019	0.0004	0.889	0.006	625	2	646	3
98LJ3-58-1	175	152	0.87	1441	0.0209	0.0001	0.138	0.002	134	1	131	2
98LJ3-58-2	213	192	0.90	1580	0.0229	0.0002	0.151	0.002	146	1	143	2
98LJ3-53-1	45	70	1.54	549	0.0210	0.0001	0.136	0.003	134	1	129	3
98LJ3-60-1	64	28	0.43	129	0.0182	0.0002	0.109	0.005	116	2	105	5
98LJ-03-54-t1	152	100	0.66	249	0.0231	0.0002	0.148	0.004	147	1	140	3



图 2 北大别灰色片麻岩中锆石的 BSE 图像及分析点的年龄值

Fig. 2 Back-scattered electron images of zircons from Northern Dabie gneisses

程中同化混染的围岩捕虏晶锆石,或片麻岩原岩中的残留锆石。

尹家店片麻岩(98YJD)为透辉石角闪斜长片麻岩,主要矿物有角闪石+斜长石+石英+榍石+磁铁矿+透辉石。样品中锆石为半自形,短柱状,长宽比约为1.5~2.5。BSE 图像中有较宽的岩浆结晶环带,边部区域没有明显环带特征,这与变质地体中岩浆锆石经历了后期的变质重结晶或增生作用表现出来的特征(Rubatto et al., 1998)相似。6个颗粒6个测定点的结果见表1, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄为149~727 Ma, Th/U 值为0.08~0.94,在一致曲线图中(图4)表现出不同程度的不一致性。最上面点落在一

致曲线上,其 Th/U 值为0.61,表现出岩浆锆石的特征,其年龄值可能代表了该片麻岩的形成年龄。最下一点的 Th/U 值为0.08,与变质锆石的 Th/U 值一致,其 149 ± 4 Ma 的年龄值代表了变质事件的最大年龄。其他点都落在这两个年龄值点构成的不一致线上,且靠上部点的 Th/U 值为0.61~0.94,接近岩浆锆石的特征,而靠下部点的 Th/U 值为0.08~0.42,与变质锆石接近。结合锆石的 BSE 图像,我们认为年龄的不一致是测定区域为岩浆锆石和变质锆石混合的结果,727 Ma 的年龄值代表了该片麻岩的原岩侵位的最小年龄,149 Ma 的年龄表明该样品中的锆石受到了较明显的燕山期岩浆活动的影响。

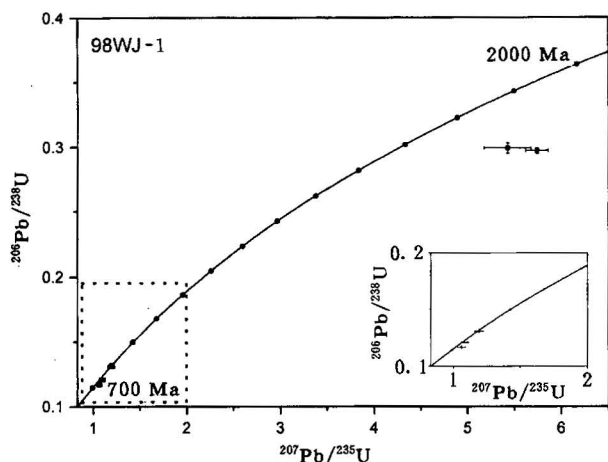


图3 万家老屋片麻岩锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 一致曲线图

Fig. 3 Concordia diagram for zircons from 98WJ-1

李集片麻岩(98LJ)为黑云斜长片麻岩,岩石由黑云母+角闪石+斜长石+石英等组成。其锆石为自形、双锥长柱状,锥面较前两个样品发育。BSE图像中有明显的岩浆结晶环带,有些锆石存在少量溶蚀特征的核(图1)。表1给出了5个颗粒7个分析点的结果。其中6个无核区域分析点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄为116~158 Ma, Th/U 值为0.43~1.54,另一个位于核部的分析点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄为625 Ma, Th/U 值为0.97。在一致曲线图(图5)中,98LJ3-60-1位于一致曲线的左方,可能是分析误差或该样品的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值较低(129)而使普通铅扣除不当造成的(Williams et al., 1987; McLaren et al., 1994),98LJ3-59-1位于一致曲线的右方,可能有少量老的残留锆石的影响,去掉这两个点,其余4个锆石岩浆环带点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 平均年龄为 140 ± 2 Ma。以这一年龄点为下交点与核部的测定点作一致线,得到上交点年龄为725 Ma 左右。这些年龄值表明该片麻岩原岩侵位于140 Ma,在其上升过程中同化了725 Ma 左右的围岩或该片麻岩原岩中有这一年龄值的残留锆石。由于这一锆石核部的显微结构和化学组成特征更接近岩浆锆石,表明这一地点可能存在725 Ma 的岩浆事件。

3个测定样品的锆石的内部结构、Th、U 组成及年龄特征表明北大别地体广泛存在700~800 Ma 之间的晋宁期岩浆事件。在 Xue 等(1997)研究的样品中,XT-3号样品的锆石年龄值也在这一范围之内, Hacker 等(1998)对北大别片麻岩锆石进行的 SIMS

微区定年中,DS25的锆石特征同样说明了其形成年龄为700 Ma,变质年龄为140 Ma(陈道公等,2000)。这一年龄值在扬子北缘有大量的报道,而华北板块南缘少有这一期新元古代的构造热事件(Amls et al., 1996; Rowley et al., 1997; Xue et al., 1997; Hacker et al., 1998; 万天丰,2001),所以我们的年龄值支持北大别杂岩可能是扬子板块的北缘,而不属于华北板块。由于缺失三叠纪的年龄我们不能肯定其是否经历了超高压事件,不能对其构造演化作进一步的探讨。

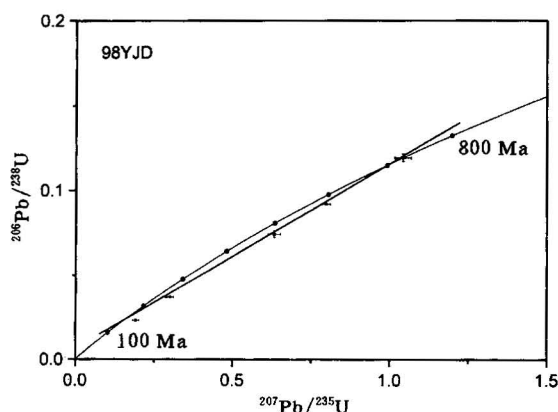


图4 尹家店片麻岩锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 一致曲线图

Fig. 4 Concordia diagram for zircons from 98YJD

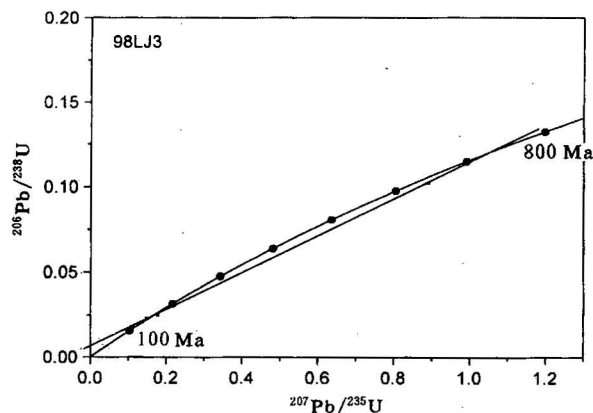


图5 李集片麻岩锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 一致曲线

Fig. 5 Concordia diagram for zircons from 98LJ3

我们研究的两个晋宁期形成的片麻岩样品中,98YJD中的锆石有明显的140 Ma 左右的年龄信息,即便是98WJ-1样品中的锆石也受到了后期地质事件的影响有部分放射成因 Pb 的丢失,说明白垩纪

的岩浆活动可能对这些片麻岩进行了不同程度的改造,使部分样品的锆石经历了重结晶或变质增生作用,而使锆石 U-Pb 体系给出了不一致的年龄。陈道公等(2000)的离子探针分析点可能包含有两种或两种以上年龄的锆石区域,没能给出一致的年龄。同时北大别可能存在两种形成于不同时期的片麻岩(晋宁期和燕山期),这些可能也是 Xue 等(1997)和 Hacker 等(1998)得出北大别片麻岩形成年龄为140 Ma 左右的主要原因。所以对复杂演化历史的变质岩地区的形成和变质年龄的研究,要选择远离后期侵入体的地区和更多的研究地点才能得到理想的结果。而 BSE 和/或 CL 控制下的锆石 U-Pb 离子探针分析是最为有力的工具之一。

3 结论

BSE 控制下的锆石 U-Pb 年龄的离子探针测定表明,北大别存在两种原岩形成于不同时期的片麻岩(晋宁期和燕山期)。晋宁期片麻岩受到了燕山期强烈的岩浆侵入构造热事件的影响,尹家店片麻岩给出了140 Ma 左右的锆石变质增生或重结晶的不一致下交点年龄,万家老屋片麻岩在这一时间可能有少量放射成因 Pb 的丢失。北大别地体广泛存在晋宁期的岩浆事件,表明其可能为扬子板块的北缘。对具有复杂演化历史的变质岩地区的形成和变质年龄的测定,BSE 和/或 CL 控制下的锆石 U-Pb 微区原位离子探针定年是最有效的方法之一。

刘景波提供样品及成文过程中给予了大力帮助,谢智提供了大别山的构造简图,笔者致以衷心的感谢。

参 考 文 献

- 陈道公, Etienne Deloule, 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.
- 邓晋福, 戴圣潜, 吴宗絮, 赵海玲, 杜建国, 罗照华. 2000. 大别造山带岩石学结构和热结构及其地质意义. 地质学报, 74(3):206~215.
- 万天丰. 2001. 中朝与扬子板块的鉴别特征. 地质论评, 47(1):57~63.
- 王清晨, 从柏林. 1998. 大别山超高压变质带的大地构造框架. 岩石学报, 14(4):481~492.
- 徐树桐, 江来利, 刘贻灿. 1992. 大别山(安徽部分)的构造格局和演化过程. 地质学报, 59(4):279~285.
- 郑祥身, 金城伟, 翟明国, 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.

References

- Amles L, Zhou G Z, Xiong B C. 1996. Geochronology and isotopic

character of ultrahigh-pressure metamorphism with implications for collision of the Sino-Korean and Yangtze cratons, central China. Tectonics, 15(2): 472~489.

- Chen Daogong, Etienne Deloule, Xia Qunke, Chen Hao. 2000. Preliminary U-Pb ion probe age determination of zircon from gneisses, Northern Dabie Terrain. Acta Petrol. Sin., 16(2): 199~202(in Chinese with English abstract).
- Compton W, Willms L S, Kirschvink J L. 1992. Zircon U-Pb ages for the Early Cambrian time scale. J. Geol. Soc. London, 149: 171~184.
- Deng Jinfu, Dai Shengqian, Wu Zongxu, Zhao Hailing, Du Janguo, Luo Zhaohua. 2000. Petrological structure and thermal structure of the Dabie Orogenic Belt and its geological implications. Acta Geologica Sinica, 74(3):279~285(in Chinese with English abstract).
- Gebauer D, Schertl H P, Brix M. 1997. 35 Ma old ultrahigh-pressure metamorphism and evidence for very rapid exhumation in Dora Maria Massif, Western Alps. Lithos., 41: 5~24.
- 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 Planet. Sci. Letters, 161:215~230.
- Hanchar J M, Miller C F. 1993. Zircon zonation patterns as revealed by cathodoluminescence and backscattered electron images: Implications for interpretation of complex crustal histories. Chemical geology, 110: 1~13.
- McLaren A C, Gerald J D, Williams. 1994. The microstructure of zircon and its influence on the age determination from Pb/U isotopic ratios measured by ion microprobe. Geochim. Cosmochim. Acta, 58(2):993~1005.
- Mezger K, Krogstad E J. 1997. Interpretation of discordant U-Pb zircon ages: An evaluation. J. metamorphic Geol., 15:127~140.
- Okay A. 1993. Petrology of a diamond and coesite-bearing metamorphic terrain: Dabie Shan, China. Eur. J. Mineral., 5: 659~675.
- Rowley D B, Xue F, Tucker R D, Peng Z X, Baker J, Davis A. 1997. Ages of ultra high pressure metamorphism and protolith orthogneisses from the eastern Dabie Shan: U/Pb zircon geochronology. Earth Planet Science Letters, 151:191~20.
- Rubatto D, Gebauer D, Fanning M. 1998. Jurassic formation and Eocene subductions for the geodynamic evolution of the Central and Western Alps. Contrib. Mineral Petrol., 132: 269~287.
- Stacey J S, Kramers J D. 1975. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. Earth and Planetary Science Letters, 26: 207~221.
- Vavra G, Gebauer D, Schmid R. 1996. Multiple zircon growth and recrystallization during polyphase Late Carboniferous to Triassic metamorphism in granulites of the Ivrea Zone (Southern Alps): an ion microprobe (SHRIMP) study. Contrib. Mineral Petrol., 122: 337~358.
- Vavra G, Schmid R, Gebauer D. 1999. Internal morphology, habit and U-Th-Pb microanalysis of amphibole to granulite facies zircon: geochronology of the Ivrea Zone (Southern Alps). Contrib. Mineral Petrol., 134:380~404.
- Wan T F. 2001. Distinctive characteristics of Sino-Korean and Yangtze Plates. Geological Review, 47(1):57~63(in Chinese with English abstract).

- Wang Q C, Cong B L. 1998. Tectonic framework of the ultrahigh-pressure metamorphic zone from Dabie Mountains. *Acta Petrol. Sin.*, 14(4):481~492(in Chinese with English abstract).
- Williams I S, Claesson S. 1987. Isotopic evidence for the Precambrian provenance and Caledonian metamorphism of high grade paragneisses from the Seve Nappes, Scandinavian Caledonides. *Contrib. Mineral Petrol.*, 97: 205~217.
- Xu Shutong, Jiang Laili, Liu Yican. 1992. Tectonic regime and evolution of Dabie Mountain (the part of Anhui Province). *Acta Geologica Sinica*, 59(4):279~285(in Chinese with English abstract).
- Xu S, Okay A, Ji S, Senger A M C, Su W, Liu Y, Jiang L. 1992. Diamond from the Dabie Shan metamorphic rock and its implication for tectonic setting. *Sciences*, 256: 80~82.
- Xue F, Rowley D B, Tucker R D, Peng Z X. 1997. U-Pb ages of granitoid rocks in the north Dabie complex, eastern Dabieshan, China. *J. Geol.*, 105:744~753.
- Zhai M, Cong B, Zhao Z, et al. 1995. Petrotectonic units in coesite-bearing metamorphic terrain in the Dabie Mountains, central China and their geotectonic implications. *Jour. Southeast Asian Earth Sci.*, 1:1~13.
- Zheng Xiangshen, Jin Chengwei, Zhai Mingguo, Shi Yonghong. 2000. Approach to the source of the gray gneisses in North Dabie Terrain: Sm-Nd isochron age and isotope composition. *Acta Petrol. Sin.*, 16(2):194~198(in Chinese with English abstract).

Zircon U-Pb Ion Probe Ages of Gneisses from the Northern Dabie Terrain and Their Geological Implications

WU Yuanbao¹⁾, CHEN Daogong¹⁾, E. DELOULE²⁾, XIA Qunke¹⁾, LI Binxian¹⁾, CHENG Hao¹⁾

1) *Department of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei, 230026, China*

2) *CRPG-CNRS, Nancy 54501, France*

Abstract

Three gneiss samples were taken from Wanjialaowu at Yingshan and Yinjiadian at Qidaogou, Hubei Province, and Liji of Dingbuxiang, Anhui Province, in the western part of the northern Dabie Mountains. Backscattered electron (BSE) analysis of the microstructure of zircons from the three samples was performed, and on that basis zircon U-Pb ages were determined using the U-Pb ion probe. The results indicate that the protoliths of two types of gneiss in the study area were formed in the Jinningian and Yanshanian respectively. The protolith of the Wanjialaowu gneiss at Yingshan was formed at 794 Ma and its zircon U-Pb age was little affected by the late-stage geological event. The age of the Yinjiadia gneiss at Qidaohu is 730 Ma, and as it was probably affected by the Yanshanian magmatic event, a metamorphic age of about 140 Ma was obtained. The age of the Liji gneiss at Dingbuxiang is 140 Ma. From these ages combined with the available chronological results, it may be inferred that the Jinningian magmatic event occurred extensively in the northern Dabie terrain, which indicates that the area was likely to be the northern margin of the Yangtze plate.

Key words: northern Dabie terrain; gneiss; zircon U-Pb age; ion probe; BSE image