

大别山西部蓝闪榴辉岩 U-Pb 测年*

简平

杨巍然

(中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

(中国地质大学, 武汉 430074)

主题词 大别山 蓝闪榴辉岩 晋宁期 “开”与“合”

提要 应用锆石 U-Pb 法研究了大别山蓝闪榴辉岩的高压低温变质时代和可能的原岩时代。高桥榴辉岩和陈家店榴辉岩给出基本一致的下交点年龄 1138Ma 和 1127Ma 及相似的上交点年龄 2872Ma 和 2647Ma。结合岩石学证据和大别山构造演化史分析, 将下交点年龄解释为高压低温变质时代, 相当于晋宁运动早期; 上交点年龄解释为原岩的可能时代, 为新太古代。同位素地质年代学研究表明, 古大别洋最初形成于新太古代, 闭合于早晋宁期。大别造山带晋宁期为板块体制下的岩石圈大“开”大“合”性质, 晋宁期后期变为陆内演化阶段。

开裂运动和聚合运动是基本的地质运动形式^[1]。榴辉岩代表俯冲-仰冲过程中受强烈变质作用的洋壳碎片或陆壳物质, 是缝合带的标志岩石, 也是聚合运动的特征产物。

在最近的五、六年时间内, 大别山区高压-超高压榴辉岩^[2-5]及高压麻粒岩和高压片麻岩^[6]同位素地质年代学研究取得了加里东期陆内造山的时代证据, 并进一步论证了大别山北部印支期高压变质事件^[7], 说明大别造山带具多旋回“开”“合”演化的特点。

大别山南部发育与变质超基性岩伴生的蓝闪榴辉岩, 初步研究^[5,8]表明, 这类榴辉岩高压低温变质时代可能为中新元古代。秦岭-大别造山带晋宁期构造性质属板块体制, 早在 1987 年, 根据区域地质资料, 就提出了大别山南部中新元古代高压变质事件存在的观点^[1]。

大别造山带中新元古代构造演化对大别山构造格局的影响可能比古生代时期以陆内造山为特征的影响更大。本文选择大别山西部蓝闪榴辉岩进行锆石 U-Pb 年代学研究, 提出了大别山中新元古代高压低温变质作用的新证据。

1 大别山蓝闪榴辉岩主要地质特征

1.1 蓝闪榴辉岩空间分布与产状特征

蓝闪榴辉岩主要分布于大别山西部(商城-麻城断裂带以西)红安群和大别杂岩中, 以及大别山东部宿松群中, 受地层和构造双重控制。

大别山西部可划分出三个主要含榴辉岩构造地层单元: 红安群、大别杂岩和苏家河构造混杂岩带(图 1)。这些含榴辉岩构造地层单元之间均呈构造接触关系。苏家河构造混杂岩带^[9]由早古生代至中元古代的不同时代岩块拼接组成, 发育以熊店为代表的加里东期高压中温榴辉岩。西部大别杂岩包括原天台山组、卡房组和新县组, 过去归属于红安群或认为与

* 本文为国家自然科学基金(49572146)资助项目。

第一作者简介 简平, 男, 1964 年生, 副研究员, 博士后, 主要从事同位素地质年代学研究。

收稿日期 1998-10-20, 改回日期 1998-11-24

红安群相当^[10]。这一构造地层单元中榴辉岩研究程度较低,但现有的资料表明存在超高压榴辉岩和蓝闪榴辉岩。大部分蓝闪榴辉岩产于红安群七角山组中,构成鄂北高压低温榴辉岩带的主体。

产于红安群中的蓝闪榴辉岩,区域上沿石墨片岩和高角度片理化带延伸,其中南带分布于王店—仙居顶—高桥—永河—一线,与蛇纹岩伴生,北带基本无蛇纹岩出露^[10],尽管南北两带榴辉岩产状有差异,但在岩石学上没有明显的区别。分析样品采于红安县南高桥吴汶店(9617,图 1)。产于西大别杂岩中的蓝闪榴辉岩的直接围岩为片麻岩。同位素地质年代学样品(9620)采于陈家店东约 500m(图 1)。

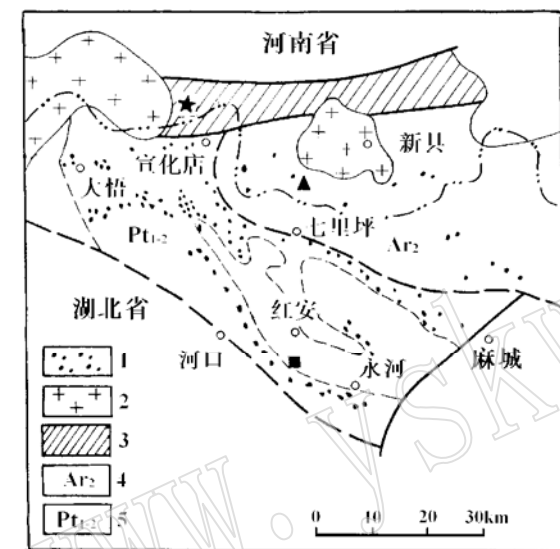


图 1 大别山西部榴辉岩地质分布略图
(据周高志等, 1993; 叶伯丹等, 1994)

Fig. 1 Geological sketch map of western Dabie Mountain, showing the distribution of eclogites

1—榴辉岩; 2—花岗岩; 3—苏家河构造混杂岩带; 4—西大别杂岩; 5—早、中元古代红安群。■ 9617 ▲ 9620 ★ 熊店

1.2 大别山蓝闪榴辉岩岩石学研究的结论性认识

变质演化和变质条件^[10]: 榴辉岩的矿物组合和生成顺序说明榴辉岩的演化过程,也是同位素地质年代学研究的基本依据。鄂北高压榴辉岩前进变质阶段形成绿辉石+石榴石+金红石+蓝闪石+钠云母(或多硅白云母)+石英+黝帘石。前进变质阶段包括早期的蓝片岩相至榴辉岩相的转变。退变质作用主要在绿帘角闪岩相条件下进行,形成石榴石+角闪石+绿帘石+钠长石+多硅白云母+榍石的矿物组合。晚期退变质条件相当于绿片岩相,石榴石趋于消失,形成绿泥石+绿帘石+钠长石+多硅白云母+榍石的组合。榴辉岩峰变质条件为 460~550℃和 1.2~1.7GPa,绿帘角闪岩相退变质条件为 450~550℃和 0.5~0.7GPa,具近等温和显著降压的特点。

原岩性质^[10]: 榴辉岩岩石化学成分、稀

土元素及微量元素特征表明,原岩成分大体相当于拉斑玄武岩,其初始岩浆起源于上地幔部分熔融,具有平滑低缓和无 Eu 异常的稀土元素分布型式,反映出原始岩浆没有经过强烈的结晶分异和堆晶作用。

2 分析方法

野外采集各约 15kg 的新鲜蓝闪榴辉岩样品,按常规方法选取锆石,双目镜下挑纯。在中国地质大学(武汉)测试中心进行扫描电镜研究,以了解锆石形态特征和表面特征,分析成因。

颗粒锆石 U-Pb 分析由天津地质矿产研究所同位素地质研究室完成,同位素质谱分析在 VG354 质谱计上完成。锆石在 Parrish^[11]式微溶样器中用 HF 在约 200℃条件下溶解。

分析过程参照 Krogh^[12]提出的微量锆石 U-Pb 分析方法,但省略了 U-Pb 化学分离步骤。使用富集²⁰⁸Pb+²³⁵U 混合稀释剂。质谱分析采用 Daly 检测器接收, NBS982 监测仪器工作状态,质量歧视约 0.12%。全流程本底 Pb<0.05ng, U<0.02ng。年龄计算采用 K. R. Ludwig^[13]PBDAT 和 ISOPLOT 程序。给出年龄均具 95% 的置信度。

3 分析结果

3.1 分析样品和锆石特征

高桥榴辉岩(9617) 同一榴辉岩石榴石+全岩+绿辉石的 Sm-Nd 等时线年龄为 719±48Ma,白云母 K-Ar 年龄为 218~270Ma^[3]。岩石呈灰褐绿色,斑状变晶结构,块状构造。主要为石榴石(50%)、绿辉石(35%),次为青铝闪石-冻蓝闪石(10%)及少量石英、绿帘石,微量矿物为金红石、磷灰石和锆石等。石榴石呈褐黄色,自形粒状(0.1~0.5cm),发育环带结构,内部颜色较深,包裹石英、角闪石等矿物,边缘颜色较浅,基本不含矿物包裹体。石榴石发育特征的成分环带,自核心朝边缘 MgO、ΣFeO 逐渐增大, MnO、CaO 逐渐降低,说明石榴石为前进变质的产物。石榴石端员组分在 Coleman(1965)榴辉岩分类图中投入 C 类榴辉岩区,在从柏林(1977)图解中落入蓝闪石榴辉岩区。绿辉石呈绿色,柱状和短柱状自形晶和集合体构成基质。角闪石发育成分环带,青铝闪石位于矿物中心,朝外渐变为冻蓝闪石。

陈家店蓝闪榴辉岩(9620) 呈灰绿色,块状或条带状构造。岩石中发育蓝闪石。

蓝闪榴辉岩中锆石颗粒细小(小于 0.1mm)。高桥榴辉岩中锆石的晶形变化多样,主要有浑圆粒状(照片 2)、不规则状(照片 3,4),少量锆石为长柱状,晶形较完整(照片 1)。这些锆石普遍发育溶蚀结构。陈家店榴辉岩锆石主要为不规则状(照片 5,6)。两个样品中的锆石均为无色至浅黄色,清晰透明。部分锆石表现出增生特征,由晶核和增生部分构成(照片 6),或出现明显的增生晶芽(照片 4)。

3.2 分析结果

高桥榴辉岩 7 次分析给出²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄为 1490~1952Ma,²⁰⁷Pb/²³⁵U 年龄为 1747~2228Ma(表 1)。年龄和晶形没有明显的关系。在 U-Pb 一致曲线图上,数据点构成线性分布,位于不一致线的中下部,给出上交点年龄 2872±41Ma,下交点年龄 1138±39Ma,MSWD 为 1.5(图 2)。

陈家店榴辉岩 5 次分析给出²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄范围为 1533~1864Ma,²⁰⁷Pb/²³⁵U 年龄为 1762~1864Ma(表 1)。在 U-Pb 一致曲线图中,5 个分析点构成线性分布,位于不一致线中下部,给出上交点年龄 2647±249Ma,下交点年龄 1127±234Ma,MSWD 为 3.7(图 3)。

4 讨论和结论

4.1 同位素年龄地质意义分析

两个蓝闪榴辉岩锆石 U-Pb 分析给出了一致的下交点年龄 1138Ma 和 1127Ma 及相似的上交点年龄 2872Ma 和 2647Ma。下交点年龄可能反映高压低温变质事件的时代,上交点年龄指示蓝闪榴辉岩原岩年龄可能为新太古代。主要依据:

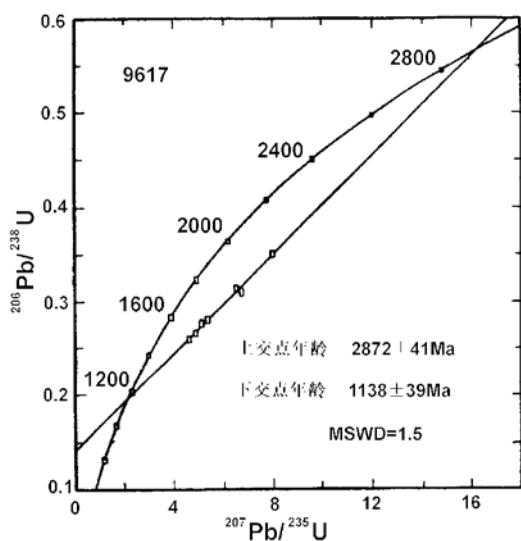


图 2 高桥榴辉岩锆石 U - Pb 一致曲线图

Fig. 2 U - Pb concordance diagram of zircons from the Gaoqiao eclogite

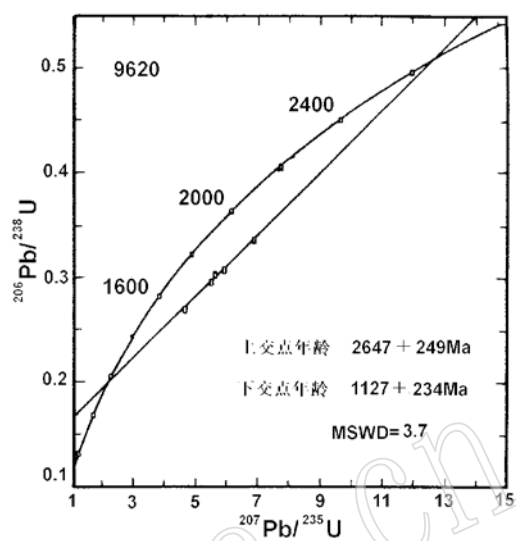


图 3 陈家店榴辉岩锆石 U - Pb 一致曲线图

Fig. 3 U - Pb concordance diagram of zircons from the Chenjiadian eclogite

表 1 大别山蓝闪榴辉岩锆石 U - Pb 分析结果

Table 1 U - Pb analyses of Zircons in glaucophane eclogites from Dabie Mountain

样号	序号	锆石特征	颗粒数	同位素原子比及误差				表观年龄 (Ma)		
				$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}^*$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
9617	1	长柱状	4	2439	0.3500 ± 0.0023	7.972 ± 0.092	0.1652 ± 0.0014	1935	2228	2510
	2	圆粒状	5	479	0.3122 ± 0.0030	6.471 ± 0.154	0.1503 ± 0.0030	1752	2042	2350
	3	长柱状	7	338	0.3089 ± 0.0033	6.674 ± 0.278	0.1567 ± 0.0057	1735	2069	2420
	4	圆粒状	2	293	0.2796 ± 0.0039	5.340 ± 0.523	0.1385 ± 0.0098	1589	1875	2209
	5	扁圆粒状	3	635	0.2772 ± 0.0039	5.072 ± 0.393	0.1327 ± 0.0093	1577	1831	2134
	6	圆粒状	1	225	0.2666 ± 0.0024	4.865 ± 0.241	0.1323 ± 0.0058	1524	1796	2129
	7	圆粒状	3	401	0.2600 ± 0.0015	4.585 ± 0.119	0.1279 ± 0.0030	1490	1747	2069
9620	1	长柱状	3	250	0.3353 ± 0.0284	6.892 ± 0.264	0.1490 ± 0.0051	1864	2098	2335
	2	圆粒状	10	148	0.3081 ± 0.0034	5.913 ± 0.305	0.1392 ± 0.0063	1731	1963	2218
	3	圆粒状	10	1784	0.3034 ± 0.0017	5.624 ± 0.048	0.1344 ± 0.0008	1708	1920	2157
	4	圆粒状	10	155	0.2946 ± 0.0023	5.499 ± 0.202	0.1354 ± 0.0044	1664	1901	2169
	5	圆粒状	10	536	0.2685 ± 0.0025	4.673 ± 0.235	0.1262 ± 0.0057	1533	1762	2046

* 已作空白校正

分析者: 周慧芳

(1) 两个榴辉岩锆石 U-Pb 数据点均位于不一致线中下部,表现出明显的放射性成因铅丢失特征。

(2) 蓝闪榴辉岩的锆石主要为继承的原岩锆石。高桥榴辉岩中的长柱状锆石晶面平直,不同于变质锆石晶面圆滑的特点,反映的是岩浆锆石特征;大部分锆石呈圆粒状,表面强烈溶蚀,不发育变质锆石常见的多晶面。只有少量的锆石发育增生结构和多晶面,说明变质过程对锆石的影响既表现为强烈溶蚀,又产生增生。

(3) 高压低温变质阶段最有利锆石放射性成因铅丢失或增生。榴辉岩峰变质温度为 460~550 °C,根据锆石在变质过程中的特殊性质^[14],这一温度区间放射性成因铅在热液存在的条件下,从蛻晶质化晶格中淋漓,并产生一定程度的重结晶。这与在蓝闪榴辉岩中观察到的大量受溶蚀锆石存在、只有少数锆石发育增生现象是一致的。

上述证据表明,蓝闪榴辉岩的锆石主要来源于榴辉岩的原岩,即拉斑玄武岩。放射性成因铅丢失归因于高压低温变质作用造成的溶蚀和增生。

顺便指出,高桥榴辉岩 Sm-Nd 年龄低于锆石 U-Pb 下交点年龄,可能归因于石榴石与全岩之间的同位素不平衡,石榴石发育成分环带,实际上也表明主量元素分配不平衡。年青的白云母 K-Ar 年龄指示绿片岩相变质事件。

4.2 晋宁期高压低温变质事件的构造意义和结论

大别山蓝闪榴辉岩的一个显著特征是与变质超基性岩共生。国外学者(Ermt 等, 1991)提出与榴辉岩共生的蛇绿岩及属于蛇绿岩套的方辉橄橄榄岩(harzburgite)可能是中朝与扬子板块之间消减的洋壳,或陆壳下的上地幔物质^[10]。如果这种观点成立,则说明蓝闪榴辉岩为残余洋壳。岩石学研究表明,榴辉岩的原岩主要是拉斑玄武岩及其相应的侵入体,它们有可能形成于由大陆裂谷系而发展起来的大洋(或过渡型)地壳^[10]。这些证据表明高压低温变质事件具有岩石圈大“开”大“合”的板块构造背景。

同位素地质年代学研究表明蓝闪榴辉岩原岩时代为新太古代,这一年龄与大别古陆时代相当,华北和扬子板块的最初分裂形成古大别洋可追溯至新太古代。大别杂岩所在位置为岛弧,红安群(Pt₁₋₂)则为弧后盆地。大别山蓝闪榴辉岩高压变质年龄为 1127~1138Ma,相当于晋宁早期,代表古大别洋闭合事件。晋宁早期的高压低温变质作用可能代表红安群俯冲于大别岛弧之下的弧陆碰撞事件,导致古大别洋闭合,大别山的构造演化进入陆内阶段。

参 考 文 献

- 1 杨巍然. 东秦岭“开”“合”史. 地球科学, 1987, 12 (5): 487~493.
- 2 杨巍然, 王林森, 韩郁菁等. 大别蓝片岩-榴辉岩年代学研究. 见: 陈好寿主编, 同位素地球化学. 杭州: 浙江大学出版社, 1994, 177~195.
- 3 简平, 杨巍然, 李志昌等. 大别山西部熊店加里东期榴辉岩——同位素地质年代学的证据. 地质学报, 1997, (71): 133~141.
- 4 杨巍然, 游振东, 韩郁菁等. 秦岭-大别超高压变质带构造特征及构造演化. 高校地质学报, 1995, 1 (2): 55~64.
- 5 简平, 叶伯丹, 李志昌等. 大别山榴辉岩同位素地质年代学, P-T-t 轨迹及构造意义. 见: 陈好寿主编, 同位素地球化学. 杭州: 浙江大学出版社, 1994, 205~215.

- 6 Yang W, Jian P. U-Pb and $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ dating of HP granulite and HP gneiss from the Dabie orogenic belt. *Acta Geological Sinica*. 1998, 72 (3): 264~ 270.
- 7 简平, 杨巍然, 周慧芳等. 大别山东部含柯石英榴辉岩锆石 U-Pb 测年. *华南地质与矿产*, 1996, (4): 14~ 21.
- 8 张树业, 胡克, 刘晓春等. 中国中部中元古代蓝片岩-白片岩-榴辉岩带. *矿物岩石地球化学通讯*, 1989, 101~ 104.
- 9 叶伯丹, 简平, 许俊文等. 桐柏-大别造山带北坡苏家河地体拼接带及其构成和演化. 武汉: 中国地质大学出版社, 1993, 5~ 22.
- 10 周高志, Liou J G, 刘源骏等. 湖北北部高压、超高压变质带. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996, 28~ 41, 82~ 96, 167~ 178.
- 11 Parrish R R. An improved microcapsule for zircon dissolution in U-Pb geochronology. *Chemical Geology (Isotope Geoscience Section)*, 1987, 63: 99~ 102.
- 12 Krogh T E. A low contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotope age determination. *Geochim. Cosmochim Acta*, 1973, 37: 485~ 494.
- 13 Ludwig K R. Calculation of uncertainties of U-Pb isotope date. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1987, 46: 212~ 220.
- 14 Mezger K, Krogstad E J. Interpretation of discordance U-Pb zircon ages: An evaluation. *Metamorphic Geol.*, 1997, 15: 127~ 140.

U-Pb Zircon Dating of Glaucophane Eclogites from western Dabie Mountain

Jian Ping

(Institute of Geology, CAGS, Beijing 100037)

Yang Weiran

(China University of Geosciences, Wuhan 430074)

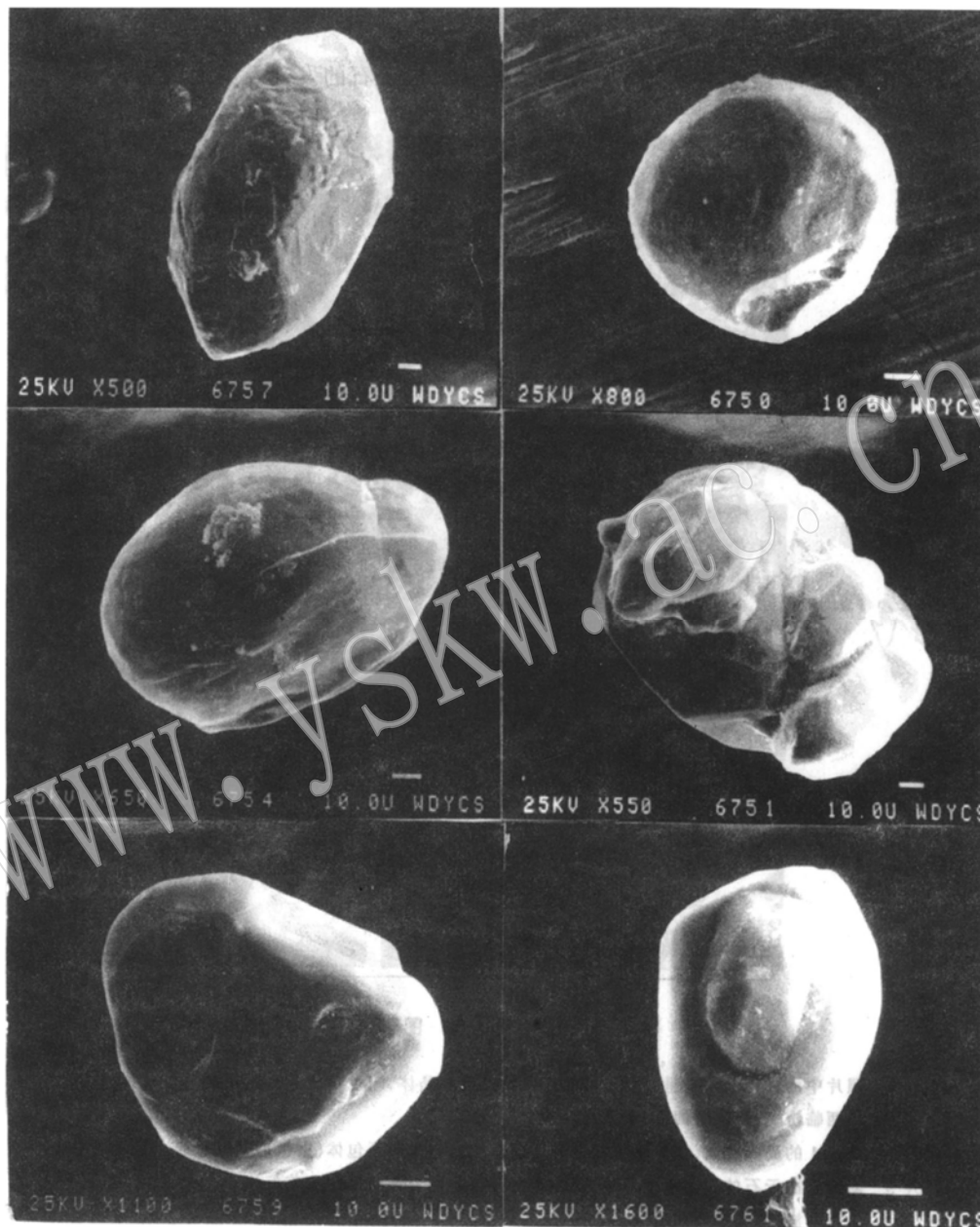
Key words: Dabie Mountain; glaucophane eclogite; Jinning period; "opening" and "closure"

Abstract

Using the single zircon U-Pb technique, the authors have geochronologically investigated two glaucophane eclogites sampled from Gaoqiao and Chenjiadian in western Dabie Mountain, which provide the age information of HP/LT (high pressure/low temperature) metamorphism and their Archean protolith. Seven analyses of zircons from the Gaoqiao eclogite and five analyses of zircons from the Chenjiadian eclogite have yielded the lower intercept ages of 1138 ± 39 and 1127 ± 234 Ma and the upper intercept ages of 2872 ± 40 and 2674 ± 249 Ma. Considering the petrological evidence and tectonic evolution of the Dabie orogenic belt, the ages of 1138 and 1127 Ma are regarded as the time of HP/LT metamorphism, and the protolith of the eclogite is dated at 2647- 2872 Ma.

The present work confirms the existence of an Early Jinning HP/LT metamorphism in the Dabie orogenic belt, which represented the closure of the ancient Dabie ocean. Moreover, the primary opening of the Dabie ocean occurred at Neoproterozoic. All this suggests that the tectonic evolution during the Jinning period took place under the plate-related mechanism.

简 平等: 大别山西部蓝闪榴辉岩 U- Pb 测年



图版说明

大别山蓝闪榴辉岩中锆石二次电子照片(SEM)

1~ 4 为高桥榴辉岩中锆石(9617);5~ 6 为陈家店榴辉岩中锆石(9620)