

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

# 大别造山带中镁铁质—超镁铁质岩石和榴辉岩有关问题的讨论

匡少平 凌文黎 张本仁

(中国地质大学地球科学学院地球化学研究所, 武汉 430074)

**内容提要** 根据近年来积累的文献资料及研究讨论指出:① 大别造山带镁铁质—超镁铁质岩石可分成两大类,一类以任家湾、童家冲、祝家铺、道士冲、青山、沙河等辉石辉长岩类为代表,它们具有相同的特征和成岩年龄,可能与华北、华南地块聚敛碰撞产生的岛弧或大陆岩浆岩有关;另一类以饶铍寨、大化坪、碧溪岭和毛屋岩体为代表,虽然它们的成岩年龄均在前寒武纪,但却有着不同的成岩时代和成岩环境。② 大别造山带榴辉岩等多属异地来源,具有不同的成岩年龄和复杂的原岩特点,它们是在变质杂岩的主体形成期(197~246Ma)混杂在一起的。③ 从榴辉岩等超高压岩石俯冲深度的估算方法观之,“成岩深度的构造校正测算”法更为合理,吕古贤等(1998)经构造校正测算获得了大别造山带柯石英榴辉岩的形成深度为 32.05~32.11 km,并提出该柯石英榴辉岩是在这一地壳深处(或稍深一些)受强烈构造作用而形成的,这一认识有可能为大别造山带的构造格局和演化历史的研究开辟新的途径和方法。

**关键词** 镁铁质—超镁铁质岩石 榴辉岩 高压—超高压变质作用 原岩 成岩年龄 折返 大别造山带

大别造山带位于中国东中部,其内的高压、超高压变质带已引起国际地学界广泛关注。近年来,该变质带研究已取得重大进展,但对其内成群(带)出现的镁铁质—超镁铁质岩体和榴辉岩所代表的地质环境意义却众说纷纭。本文主要根据近年来的文献资料及实际研究,对有关问题作一讨论。

## 1 地质概况

大别造山带位于晓天—磨子潭断裂以南,广济断裂以北,东以郟庐断裂为界,向西被南阳盆地覆盖,与东秦岭相连(图1)。该造山带由大别群、宿松群、张八岭群和红安群等组成。其中大别群为一套火山—沉积岩系,受到角闪岩相到麻粒岩相变质作用,并遭受强烈混合岩化。红安群原岩为陆源碎屑岩和碳酸盐岩,上部有火山岩,遭受浅变质,分布在麻城—团凤断裂以西的红安—大悟一带。宿松群为一套含磷岩系,在大别造山带东南部出露;其东南角为张八岭群的蓝片岩带。

近年的研究表明,大别造山带可能分为南、北大别两个地块。其中北大别为一套 TTG 片麻岩,含有丰富的镁铁质—超镁铁质岩块和少量的榴辉岩;南大别主要由片麻岩、片岩、榴辉岩和大理岩组成,含有超镁铁质岩块(体)和硬玉石英岩。超高压变质岩系主要集中在南大别地块中。

注:本研究得到国家自然科学基金(编号:49794043)和国土资源部壳幔开放重点实验室资助。  
本文1998年7月收到,1999年4月改回,郝梓国编辑。

大别造山带各地质单元的时代如表 1<sup>[1~2]</sup>。从年龄值及  $\epsilon_{Nd}$  可以看出,南大别与红安群的模式年龄及  $\epsilon_{Nd}$  值相近,因此推测它们具有相同的物质来源。但却与北大别地块具有明显的区别。陈江峰等<sup>[3]</sup>通过对大别造山带的变质岩的冷却历史的研究也指出,南大别与红安群具有相同的冷却史,但与北大别存在差异,这些都说明大别地块的确具有南北之分。

另外,大别黄土岭的紫苏石榴黑云母片麻岩颗粒锆石的 Pb 同位素年龄高达 2814Ma<sup>[4]</sup>;李曙光等<sup>[2]</sup>从潜山双河的超高压副变质岩(与榴辉岩成互层状产出)得出的 Nd 模式年龄  $t_{DM}$  达 2.9Ga,且  $\epsilon_{Nd} = -32.2$ ;这些岩石年龄明显老于大别杂岩,且物质来源也明显与之不同,推测它们可能是大别基底岩石的典型代表;这些岩石应该是该区经超高压变质作用后与榴辉岩一起折返的古老地壳物质的残余。

## 2 大别造山带中镁铁质—超镁铁质岩石

大别变质杂岩中,成群成带出露有许多镁铁质—超镁铁质岩体,主要分布于青山—桐城一线以南,大小不等,呈透镜体状产出于大别的变质杂岩(TTG 片麻岩)中,数量达数百个,它们与 TTG 片麻岩围岩为构造接触,部分与榴辉岩共生。

### 2.1 镁铁质—超镁铁质岩带的构造环境

大别变质混杂岩带中镁铁质—超镁铁质岩体的环境归属,目前各家观点存在较大分歧。赵宗溥<sup>[5]</sup>指出,大别造山带北部有两条变质蛇绿岩混杂岩带,分布在大别的腹地。南带被认为是无根的飞来峰,隔晓天—磨子潭断裂与北侧卢关镇群或苏家河群接触。北带是变质蛇绿岩的根

带,变质蛇绿岩混杂岩带主要由岩块和基质两部分组成,镁铁质—超镁铁质岩块是基质的构造包体。徐树桐等<sup>[6]</sup>也指出变质混杂岩带中的超镁铁质和镁铁质岩块及成分相当于变玄武岩的斜长角闪岩或角闪斜长片麻岩,其化学成分与阿尔卑斯型蛇绿混杂岩带中的类似,在 FAM 图中,大部分超镁铁岩落在分异不完全的地幔岩区,斜长角闪岩类则落在钙碱性岩浆演化趋势范围内;部分镁铁质和超镁铁质岩块的稀土元素特征与典型蛇绿岩套相似。汤加富等<sup>[7]</sup>通

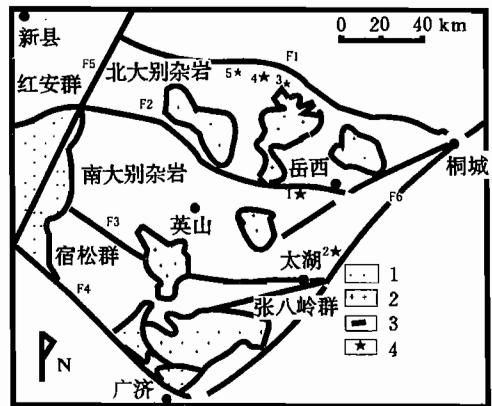


图 1 大别造山带区域地质图

Fig. 1 Regional geological map of Dabieshan orogenic belt

F1—晓天—磨子潭断裂;F2—五河—水吼断裂;F3—黄镇—花凉亭断裂;F4—襄樊—广济断裂;F5—商麻断裂;F6—郟城—庐江断裂。1—侏罗系盖层;2—中生代花岗岩;3—断裂;4—典型的镁铁质—超镁铁质岩石露头;1★—碧溪岭;2★—毛屋;3★—饶钹寨;4★—祝家铺;5★—青山  
F1—Xiaotian—Mozitan fault; F2—Wuhe—Shuihou fault; F3—Huangzhen—Hualiangting fault; F4—Xiangfan—Guangji fault; F5—Shangma fault; F6—Tancheng—Lujiang fault. 1—Jurassic capping bed; 2—Mesozoic granite; 3—fault; 4—typical outcrop of mafic and ultramafic rocks; 1★—Bixiliang; 2★—Maowu; 3★—Naobozhai; 4★—Zhujiapu; 5★—Qingshan

表 1 大别造山带岩石的 Sm-Nd 年龄及同位素特征  
Table 1 Sm-Nd isotopic age and characteristics of the rocks in the Dabie orogenic belt

| 地质单元 | $t_{DM}$ (Ga) | $\epsilon_{Nd}$ |
|------|---------------|-----------------|
| 北大别  | 2.1~2.6       | -16.8~-23.7     |
| 南大别  | 1.7~1.9       | -7.9~-11.1      |
| 红安群  | 1.9           | -10.0           |
| 宿松群  | 1.6           | -4.5            |

据谢智<sup>[1]</sup>和李曙光等<sup>[2]</sup>

过对分布于大别山区的变超镁铁质岩带的大面积填图和构造解析指出,大别造山带尚未发现确切的“斯坦曼三位一体”蛇绿岩套组合。岩石化学、微量元素和稀土元素研究表明,它与片麻岩套及变火山碎屑岩层组合中的斜长角闪岩(已发现有变余气孔、杏仁构造)有类似的物质来源,可能是拉斑玄武质岩浆分异的结果,产于由大陆壳裂解向次大洋转化的大陆过渡带。秦岭—大别造山带的超基性岩体常被当作冷侵位的“蛇绿岩套”或“准蛇绿岩套”,并把它们作为洋壳的残片、碰撞的标志,成为恢复古洋盆的证据。然而,杨志华<sup>[8]</sup>指出商南松树沟和大别造山带中超基性岩的形成和侵位是深部的构造岩片向地表抽拉—逆冲时,以热状态侵入到构造岩片(块)之中的,由深部向上运移的过程中发生了构造变形和构造冷侵位。他认为秦岭—大别造山带的超基性岩不代表古洋壳的碎片,而是深部岩片向表层运动过程中的超基性岩浆热侵入—构造冷侵位的产物。

此外,王学孟<sup>[9]</sup>通过对变质岩研究及野外观测指出,该区基性—超基性岩群(岩带)不是单纯的侵入体,与蛇绿岩套也有明显的区别。他认为其中至少有一部分是超镁铁质科马提岩,且与斜长角闪岩构成同一绿岩带的主体。

## 2.2 大别变质杂岩中典型镁铁质—超镁铁质岩体形成环境问题

在大别变质杂岩中的镁铁质—超镁铁质岩体(块)中,以祝家铺、饶钹寨、碧溪岭等岩体研究最为深入,但对其形成环境归属也同样存在颇多争议。例如,徐树桐等<sup>[6]</sup>在描述北大别变质杂岩中的镁铁质—超镁铁质岩块变形及其与围岩的接触关系时,很显然将祝家铺以及饶钹寨岩体视为变质蛇绿混杂岩中普遍出现的超镁铁质和镁铁质岩块,认为出露于祝家铺岩体边缘和漫水河一带的硅质岩与超镁铁质岩以及镁铁质岩(包括斜长角闪片麻岩)构成了不太标准的斯坦曼蛇绿岩三位一体。然而,李曙光等<sup>[10]</sup>却用祝家铺岩体中退变质的闪长岩中分选出来的斜长石样品和斜长石含量不同的闪长岩样品获得了一条 Sm-Nd 等时线,并给出  $230.6 \pm 30.8$  Ma 的年龄,它具有非常低的 Nd 同位素值  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.51152 \pm 2$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}} = -16.1 \pm 0.4$ 。认为祝家铺辉石岩岩体不是蛇绿岩套的一部分,而是以岩浆形式侵入到晓天一磨子潭断裂南侧的大别群混合片麻岩中的;由于它产生于地缝合线附近,因而很可能是与华北、华南地块聚敛碰撞有关的岛弧或大陆岩浆岩。

翟明国等<sup>[11]</sup>在对饶钹寨岩体和大化坪岩体(蛇纹石化橄榄岩和石榴石基性麻粒岩)的研究中指出,这些超镁铁质—辉长质岩石在岩石化学性质上属于铝饱和、过饱和系列,除少数超镁铁质岩可能是残留的地幔岩外,不同的岩相显示出堆晶岩的地球化学性质。其中,饶钹寨岩体中的方辉橄榄岩具有低的除了 Rb, Ba 和 U 之外的几乎所有不相容元素的含量和稍高的 M 值(0.91~0.93)。稀土元素分布型式特点是中稀土(MREE)相对富集,而轻稀土(LREE)和重稀土(HREE)相对亏损,推测可能是残留的亏损地幔岩片;纯橄榄岩、辉石岩和辉长岩是层状堆晶岩,纯橄岩可含少量角闪石,它们具有常见的 MREE 亏损的 U 字型 REE 分布型式。辉石岩有中、低等的 REE 含量,并明显受辉石控制,REE 分布型式表现出 MREE 的轻度富集,辉长岩则有 LREE 稍富的 REE 型式。饶钹寨岩体含有较高的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值和偏低的  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}(0)$  为  $-7.1 \sim +1.2$ 。张旗等<sup>[12]</sup>据 REE 和其他不相容元素特征,指出饶钹寨岩体不具洋壳性质,方辉橄榄岩是消减带之下的大陆地幔残片。而李曙光等<sup>[10]</sup>却指出,饶钹寨岩体为阿尔卑斯型超基性岩,该超基性岩以固态侵位于大别群(古元古代)混合片麻岩中(晓天一磨子潭断裂南侧),与围岩无明显化学交换。此外,他还获得了一个赋存于该岩体中的石榴辉石岩 Sm-Nd 矿物内部等时线年龄  $243.9 \pm 5.6$  Ma。其对应初始 Nd 同位素比值  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} =$

$0.51152 \pm 1$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}^i = -3.4 \pm 0.2$ 。并强调指出:该年龄给出的是该超基性岩体的侵位时代。由于超基性岩的侵位可能发生在华北、华南两大陆块碰撞时或碰撞以前,因此该石榴辉石岩 Sm-Nd 年龄可代表华北、华南地块碰撞时代的最老界线(下限);负的初始  $\epsilon_{\text{Nd}}$  值表明该石榴辉石岩是在饶铍寨超基性岩侵位于大陆地壳时形成的。

### 2.3 对大别变质杂岩中镁铁质—超镁铁质岩石形成环境问题的讨论

我们通过系统的岩石化学、稀土及微量元素特征研究表明,饶铍寨超镁铁质岩体明显可分为两类,一类(方辉橄榄岩)具有极高的 Mg 值(91.4~92.9),极贫碱( $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0 \sim 0.316\%$ ),富 MgO (39%~48%),贫  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (0.24%~0.61%)、 $\text{TiO}_2$  (0.01%~0.06%)、 $\sum\text{REE}$ (一般低于球粒陨石)、Ba、Sr、Rb、V,富 Cr、Co、Ni 等相容元素,其中的稀土组成模式主体是平坦的 MREE 富集型,具有贫 La 和负 Eu 异常,反映该岩石属重熔后的残余;个别与之相反,具有轻稀土右倾,重稀土平坦型模式的互补性特点,反映它们源于相同的地幔,只是分别向着残余地幔和熔融分异演化。另一类岩石主要为岩浆岩类,由于退变质作用形成角闪岩类,包括橄榄角闪岩、辉石岩、辉长岩及石榴石辉石岩,其特征是 Mg 值低(50~88),  $\text{SiO}_2$  含量高;相对第一类橄榄岩而言,其碱、Ba、Sr、Rb、V、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、REE 相对富集,而 Cr、Co、Ni 等相对贫乏。在元素演化图解上,表现出直线型连续演化的趋势(如: $\text{Al}_2\text{O}_3$ -MgO、Ti/Zr-MgO 等),反映属岩浆结晶分异的产物。随着 REE 含量的增多,其模式也是从平坦型向着右倾型演化,但其轻重稀土的分异并不强烈。该类岩石其  $\epsilon_{\text{Nd}}^i = -7.1 \sim +1.2$ ,明显低于洋壳玄武岩,其  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7068 \sim 0.7104$ ,如此高的同位素成分及  $\epsilon_{\text{Nd}}^i$  特征反映岩浆在演化过程中可能受到过地壳物质的混染。

祝家铺岩体的野外岩石特征明显区别于饶铍寨岩体,前者的变质极弱,而后者却与大别群一起遭受到了强烈的糜棱岩化。饶铍寨堆晶超镁铁质岩的 Sm-Nd 的模式年龄  $t_{\text{DM}} = 1055\text{Ma}^{[12]}$ ,其变质年龄为  $243.6 \pm 5.6\text{Ma}^{[10]}$ ;而祝家铺岩体至今未获得超过 240Ma 以上的年龄,其年龄值( $231 \pm 31\text{Ma}$ )值与饶铍寨 C 型榴辉岩的年龄一致<sup>[10]</sup>。

祝家铺岩体的岩石地球化学特征表明,该岩体演化为单一趋势。其  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -MgO、Ti/Y-MgO、Ti/Zr-MgO 等都具有明显的负相关(图 2),这一趋势与岩浆结晶分异的典型特点一致。结合其同位素特征, $\epsilon_{\text{Nd}}^i = -15.9 \sim -16.2$ ,远低于洋壳玄武岩的特征值,甚至比岛弧与洋岛玄武岩的还要低,这说明该岩体可能在演化过程中强烈受到地壳物质的混染。值得注意的是,该  $\epsilon_{\text{Nd}}^i$  值与其围岩北大别片麻岩的  $\epsilon_{\text{Nd}}^i$  值( $-16.8 \sim -23.7$ )更接近,而与南大别片麻岩的特征值( $\epsilon_{\text{Nd}}^i = -7.9 \sim -11.1$ )相差甚远。由此暗示,祝家铺岩体的演化过程仅与其产出的区域围岩有关,并非受整个大别杂岩的控制。

对比饶铍寨与祝家铺两岩体,我们可以发现一对矛盾,即虽然两岩体的  $\epsilon_{\text{Nd}}^i$  值与正常的地幔值相比都偏低,但对于强变形变质的饶铍寨岩体, $\epsilon_{\text{Nd}}^i$  ( $-7.1 \sim 1.2$ ) 值明显高于几乎未变质的祝家铺岩体( $\epsilon_{\text{Nd}}^i$  为  $-15.9 \sim -16.2$ )。这说明地壳物质对它的混染主要来自成岩期,而非变质期。然而祝家铺岩体成分演化曲线表明,地壳物质在岩浆中的混染是强烈而均匀的,否则很难形成如 Ti/Zr-MgO、Ti/Y-MgO 及  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -MgO 的明显的直线演化规律(图 2)。另外,据李曙光等<sup>[13]</sup>报道,任家湾斜长辉石岩  $t = 228 \pm 42\text{Ma}$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}^i = -16.4$ ,这些数据与祝家铺辉石岩体中的极为一致。由此揭示北大别发育的辉石辉长岩体主要形成于三叠纪。这些年龄数据与大别—苏鲁造山带中的超高压榴辉岩的成岩年龄(197~246Ma,大别;211~231Ma,苏鲁)相吻合,因此,这些辉石辉长岩体和榴辉岩很可能是同一构造事件的产物。

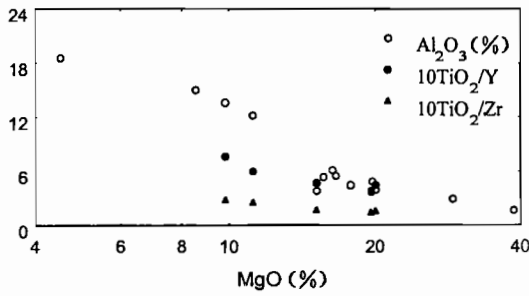


图2 祝家铺镁铁质—超镁铁质岩石  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{MgO}$ ,  $10\text{TiO}_2/\text{Y}$ - $\text{MgO}$ ,  $10\text{TiO}_2/\text{Zr}$ - $\text{MgO}$  变异趋势  
Fig. 2  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{MgO}$ ,  $10\text{TiO}_2/\text{Y}$ - $\text{MgO}$ ,  $10\text{TiO}_2/\text{Zr}$ - $\text{MgO}$  variation diagram of mafic and ultramafic rocks in Zhujiapu

等<sup>[6, 14]</sup>强调指出,整个大别杂岩都是扬子板块的俯冲基底,两大板块以晓天—磨子潭断裂为缝合线。Cong 等<sup>[15]</sup>将大别造山带划分为南大别俯冲碰撞杂岩和北大别岛弧杂岩,其划分标准之一就是北大别没有榴辉岩,榴辉岩主要分布在南大别超高压变质带中,以柯石英榴辉岩和退变质榴辉岩为主,两者以五河—水吼断裂为界。然而,魏春景等<sup>[16, 17]</sup>连续报道了北大别中心地段榴辉岩的出露。此外,苏家河混杂岩带及红安群中也产有低温榴辉岩。总之,在大别造山带中,榴辉岩广泛分布。根据其产状的不同,可将之分为三类,分别与片麻岩(I类)、大理岩(II类)和超基性岩(III类)共生<sup>[18, 19]</sup>。

### 3.1 榴辉岩的时代

大别榴辉岩的成岩年龄数据不多,主要有以下几种,见表2。

从表2中数据可看出,大别造山带榴辉岩的成岩时代属中—新元古代至早震旦世。其年龄多数与其围岩的年龄相似。榴辉岩的变质作用可分为多期,即前榴辉岩蚀变阶段、柯石英榴辉岩阶段、石英榴辉岩阶段及角闪岩相退变质阶段。关于榴辉岩的峰变质年龄,目前存在两种意见。其一,由于目前除低温榴辉岩的Sm-Nd年龄主要集中于新元古代和早古生代以外<sup>[24, 25]</sup>,北大别杂岩和南大别超高压变质带中的榴辉岩绝大多数Sm-Nd矿物等时线年龄集中于197~246Ma之间<sup>[26~32]</sup>,苏鲁超高压变质岩中柯石英榴辉岩的年龄也为211~231Ma<sup>[33~36]</sup>,因此,多数学者认为榴辉岩的峰变质期位于印支期。另一种意见认为,大别榴辉岩变质年龄应在古生代,如You等<sup>[37]</sup>指出英山密峰尖蓝晶石榴辉杂岩的Sm-Nd石榴石全岩等时年龄为 $481 \pm 25\text{Ma}$ ,其ZrO<sub>2</sub>的Pb-Pb蒸发年龄为 $485 \pm 22\text{Ma}$ 和 $487 \pm 14\text{Ma}$ ;据杨巍然<sup>[32]</sup>,安徽石马地区柯石英榴辉岩中单颗粒锆石年龄(U-Pb)  $471 \pm 2\text{Ma}$ ;在大别西北部熊店榴辉岩单颗粒锆石的U-Pb法、角闪石的Ar-Ar和Sm-Nd全岩及矿物等时线法研究<sup>[4]</sup>,榴辉岩峰变质年龄应大于399.5Ma。另外,在大别造

同样,根据上述讨论,饶拔寨超镁铁质岩中的 $\epsilon_{\text{Nd}}$ 值,也可以认为是成岩期形成的,结合其成岩年龄,则饶拔寨的堆晶橄辉岩在中元古代时即已存在,再根据前文所述的地球化学特征,该岩体很可能属于一种大陆地幔岩浆演化的产物,其变质橄辉岩为大陆地幔的熔融残余,它们在北大别中的就位是一种构造就位,并可能与该区C型榴辉岩的形成有关。

### 3 大别造山带中的榴辉岩

大别造山带作为华北和扬子两大板块的碰撞带已无多大异议,但对于两个板块之间的缝合线位于何处却有着不同意见。徐树桐

表2 大别—苏鲁榴辉岩的成岩年龄

Table 2 Diagenetic age of Dabie—Sulu eclogites

| 地区    | 岩石    | 分析方法                   | 年龄       | 资源来源 |
|-------|-------|------------------------|----------|------|
| 五庙    | 榴辉岩   | ZrO <sub>2</sub> U-Pb  | 685±64   | [20] |
| 山东荣城  | 榴辉岩   | ZrO <sub>2</sub> Pb-Pb | 747; 788 | [21] |
| 青岛仰口  | 榴辉岩   | ZrO <sub>2</sub> Pb-Pb | 682~730  | [22] |
| 苏北青龙山 | 榴辉岩   | Sm-Nd 全岩               | 1108±23  | [23] |
| 熊店    | 榴辉岩   | Sm-Nd 全岩               | 1523±26  | [4]  |
| 饶拔寨   | 石榴辉石岩 | Sm-Nd 全岩               | 1055     | [12] |
| 红安群高桥 | 低温榴辉岩 | Sm-Nd 全岩               | 719±48   | [6]  |

山带中所获得低温榴辉岩的年龄(如苏家河混杂岩中熊店低温榴辉岩 Sm-Nd 等时线矿物组合年龄)为  $544 \pm 14 \text{Ma}^{[24]}$  和  $422 \pm 67 \text{Ma}^{[25]}$ 。这些学者据此推测大别造山带中存在一个近东西向展布的加里东造山带。You 等<sup>[37]</sup>还指出,大别地区高压变质历史漫长,部分经过古生代并在中生代到达顶峰。

古生代造山带在大别地区的确认,无疑对认识大别造山带的演化有着重要的意义,因为从秦岭—大别造山带构造的配套上观之,秦岭具有典型的加里东造山带,大别作为秦岭的东延,也应具有加里东造山带;但现有的大别造山带其榴辉岩的峰变质年龄大多数为印支期,有限的加里东期年龄数据的发表,为大别研究增加了新的歧点。其中,至少可得出以下几种可能:① 大别只有印支造山带,有限的古生代变质年龄不足以说明问题;② 加里东造山带被印支期构造运动改造殆尽,但仍有少量的残余(如前文所述的年龄报道);③ 由于大别山的剧烈抬升,加里东造山带被剥蚀,仅存现有构造格局。对大别加里东造山带的研究,我们认为应加强同位素测年工作的深入,特别应注重岩石中不同世代矿物的鉴定和测定。

### 3.2 超高压岩石的成岩条件及折返模式

大别杂岩中的榴辉岩和超镁铁质岩的成岩温压条件见表 3。由表 3 可看出,南大别所有的榴辉岩的成岩温度为  $500 \sim 800^\circ\text{C}$ , 其压力为  $1.5 \sim 4.8 \text{GPa}$ ; 但北大别成岩温度为  $770 \sim 780^\circ\text{C}$ , 压力为  $1.3 \text{GPa}$ 。榴辉岩的温压条件明显表明,南大别具有低温高压的特征,而北大别具有高温低压的趋势。刘景波等<sup>[38]</sup>指出豫南鄂北大别山造山带的高压—超高压地体中,榴辉岩也具有分带性。Okay 等<sup>[29]</sup>和 Wang 等<sup>[39]</sup>通过对出露于安徽省境内榴辉岩的研究表明,该区榴辉岩可划分出北部的热榴辉岩和南部的冷榴辉岩。

根据大别造山带中榴辉岩的变质演化历史和成岩温压条件以及与超高压变质作用有关的超镁铁质岩的研究,许多学者提出了超高压变质岩的成岩形成环境和折返机制,概括起来可分为两类。第一类为深源模式,这是目前绝大多数研究者所采用的模式,主要根据现今的超高压变质岩的成岩压力条件,运用传统的重力—比重方法估算其原岩的俯冲深度,

表 3 大别杂岩中超高压榴辉岩和超镁铁质岩的成岩  $p-t$  条件

Table 3  $p-t$  conditions of diagenesis of ultrahigh pressure eclogite and ultramafic rocks in the Dabie complex

| 产地    | 岩石                | $t(^{\circ}\text{C})$ | $p(\text{GPa})$ | 文献   |
|-------|-------------------|-----------------------|-----------------|------|
| 碧溪岭   | 石榴二辉岩+<br>石榴二辉橄辉岩 | 736~775               | 4.3~4.8         | [40] |
| 碧溪岭   | 榴辉岩               | 600~800               | 1.6             | [44] |
| 碧溪岭   | 榴辉岩               | 540~810               | 2.8             | [45] |
| 南山岭   | 榴辉岩               | 500~700               | 1.6             | [46] |
| 双河    | 榴辉岩               | 500~730               | 1.5~2.3         | [47] |
| 北大别东段 | 榴辉岩               | 770~780               | 1.3             | [17] |

由此获得的榴辉岩的成岩深度多数处于地幔深部。如樊祺诚等<sup>[40]</sup>根据大别毛屋、碧溪岭、南山岭镁铁质—超镁铁质岩和榴辉岩的高压矿物、岩石共生组合及温压条件( $t=736 \sim 775^\circ\text{C}$ ,  $p=4.3 \sim 4.8 \text{GPa}$ )指出这些榴辉岩和超镁铁质岩的原岩是基性岩浆分异结晶的层状堆晶岩,并随扬子板块与华北板块碰撞俯冲进入  $120 \sim 150 \text{km}$  以上的地幔条件下发生超高压变质作用时形成的;Okay 等<sup>[41]</sup>和 Wang 等<sup>[42]</sup>认为大别造山带柯石英榴辉岩至少是在压力  $3 \sim 4 \text{GPa}$  (即  $100 \sim 150 \text{km}$  深处)条件下形成。另一类为浅源模式,由吕古贤等<sup>[43]</sup>最近提出,他们在对大别英山地区含柯石英榴辉岩研究时认为,岩石的成岩压力  $p$  是由当时岩石所承受的上覆重力引起的静水压力  $p_G$  和构造附加静水压力  $p_s$  的复合而成的,因此在运用传统的重力—比重方法来估算俯冲深度时,首先应对其压力进行校正,即要从  $p$  中消除  $p_s$  的影响之后再估算上覆

岩石厚度(深度),这种方法称之为“成岩(成矿)深度的构造校正测算”。吕古贤等<sup>[43]</sup>经构造校正测算获得的英山地区柯石英榴辉岩的形成深度仅为 32.05~32.11 km,较运用传统的重力一比重方法估算的 100 多千米要浅得多。

### 3.3 榴辉岩的原岩及性质

对大别造山带中榴辉岩的原岩及性质(所属形成环境和来源)也存在较大分歧。例如,刘晓春<sup>[19]</sup>根据产于饶钹寨、毛屋、南山岭、李家冲、碧溪岭等岩体中榴辉岩的岩石化学和地球化学特征指出,大别造山带榴辉岩的原岩一部分是大陆拉张时期侵位的辉长岩,另一部分是原始表壳岩系中的(变质)大陆拉斑玄武岩,少数产于大理岩或与富钙片麻岩共生的榴辉岩其原岩为泥灰岩,岩石化学和稀土元素及 Sr 同位素均未能提供这些岩石具有大洋属性的证据,相反却揭示了它们复杂的陆壳演化历史。李曙光<sup>[26]</sup>指出,产于大别造山带北翼饶钹寨橄榄岩中的石榴辉石岩,其 Sr、Nd 同位素特征不具洋壳性质(MORB+OIB),而与岛弧玄武岩类似,认为该橄榄岩是扬子陆块北缘、大别古岛弧下面的岩石圈地幔岩。

江来利等<sup>[48]</sup>在对大别造山带榴辉岩的岩石化学、稀土元素特征及伴生的岩石组合进行详细研究后指出,该区榴辉岩的原岩以陆壳成分为主,但混有少量洋壳成分,超高压变质带中既有来自地幔的镁铁质—超镁铁质岩,又有形成于地表的变质沉积岩。他认为,榴辉岩相变质过程中岩石成分经过了强烈的构造混杂,但所反映的是大陆碰撞环境下的构造混杂岩。

汤加富等<sup>[7]</sup>对榴辉岩原岩性质、变形特征、包体特征、锶、氧同位素等作了较系统研究和分析,认为榴辉岩的原岩为基性火山熔岩、基性火山凝灰岩、变泥灰岩,并被后期大量变质侵入体所包裹,又共同遭受相同序列的变形变质改造。因此榴辉岩可能属原地系统,而非外来推覆岩片。榴辉岩中有熔融包体,其中残存有白云母、角闪石,表明榴辉岩形成时存在水的活动;在变质高峰期,局部曾经历深熔作用,且可能还保存有早期变质作用的残存矿物。这些认识为超高压岩石形成过程中的流体超压提供了重要的实际资料。

潘国强等<sup>[49]</sup>也指出,大别群中广泛分布的镁铁质—超镁铁质岩块和侵入体可能是蛇绿岩的碎块。在表壳岩系和镁铁质岩中产有大量的榴辉岩。这些镁铁质岩与榴辉岩都是无根的,并且与围岩一起遭受到高压塑变作用。根据这一观点,榴辉岩也应属“原地”成因。然而李曙光等<sup>[50]</sup>根据大别石马地区榴辉岩及其围岩石榴黑云片麻岩的 Sm-Nd、K-Ar 年龄及冷却速率指出,该区榴辉石与围岩片麻岩具有不同的冷却史,从而不支持榴辉岩是原地成因的认识。此外,张儒媛等<sup>[18]</sup>通过苏鲁超高压变质杂岩研究指出,其中的榴辉岩的原岩大部分是板内和造山带环境中形成的玄武质岩石,但并不排除有大洋和洋岛玄武岩存在的可能。

最近,Jahn<sup>[51]</sup>通过大别造山带超高压榴辉岩系统的地球化学和同位素特征研究指出,这些榴辉岩主要是玄武质的,但其常量和微量元素丰度变化大,具有多成因、多来源的特点。其中,Ⅰ、Ⅱ类榴辉岩的原岩与玄武岩和辉长岩类似,代表前寒武纪片麻岩地体(变质角闪岩和基性麻粒岩)的进变质产物,而不是俯冲的特提斯洋壳;Ⅲ类榴辉岩与超镁铁质有关,同位素成分特征表明,这些榴辉岩既可由地壳层状侵入体中玄武质岩浆分异形成(如碧溪岭、毛屋岩体中的榴辉岩),也可由地幔内部玄武质岩浆分异形成(如山东日照的石榴斜辉岩),还可代表在拆离过程中作为构造包体侵位的地幔残片(如荣城、东海的石榴橄榄岩)。

我们通过已发表的资料和数据(主要为毛屋、碧西岭、双河、横店、武庙、寺前、葛蒲等地的榴辉岩)的整理认为,大别变质杂岩中的榴辉岩具有复杂的原始成分特点,即有大陆拉张时期侵位的辉长岩,又有原始表壳岩系中的(变质)大陆拉斑玄武岩;即有来自地幔的镁铁质—超镁

铁质岩块,也有基性火山岩(如基性火山熔岩、基性火山凝灰岩等)及形成于地表的变质沉积岩(如泥灰岩等);此外,还可能包括一些原始的岛弧玄武岩及洋壳残片。这些不同成因、不同原岩特征的岩石是在大别造山带的强烈构造事件中混杂并伴生在一起的。

## 4 讨论

显然,目前对大别造山带中镁铁质—超镁铁质岩和榴辉岩的原岩及形成环境归属问题仍不能定论。我们根据现有的资料,作如下讨论。

(1)大别造山带原始的超基性岩和基性岩产出环境,根据其岩石成分、微量元素和同位素特征,至少有一部分属残留的地幔岩片(如饶钹寨和大化坪岩体中的方辉橄榄岩),还有一部分可能与华北、华南地块聚敛碰撞产生的岛弧或大陆岩浆岩有关(如祝家铺辉石辉长岩)。他们最终的产出环境与大别变质杂岩中榴辉岩和麻粒岩所代表的高压、超高压带密切相关。结合大别造山带所处的构造位置及与整个秦岭造山带的配套关系,出现这一温压条件只能是洋壳俯冲消减和陆陆碰撞俯冲的必然结果。

(2)大别造山带中的超基性岩体(块)与围岩呈构造接触,并为冷侵位的产物,有的岩块呈构造包体产出,这表明至少这些岩体或岩块为异地来源。我们在详细的野外观察中发现,同出露于北大别的岩体,任家湾、童家冲、祝家铺、道士冲、青山、沙河等辉石辉长岩体基本上未遭受变质,而斑竹园辉石辉长岩体和饶钹寨橄榄岩体却与围岩共同遭受了强烈的变形变质作用,其片麻理与围岩的一致。这些特征表明大别群中镁铁质—超镁铁质岩体(群)成因的复杂性,它们可能具有不同的演化史和来源。另外,一些产于变质杂岩中的榴辉岩与围岩具有不同冷却史<sup>[50]</sup>,因此也应属异地成因。而汤加富等<sup>[7]</sup>和潘国强等<sup>[51]</sup>所指出的镁铁质岩石和榴辉岩与围岩一起遭受到高压塑变作用,可解释为它们与围岩共同经历了大别造山带最强烈的一次构造事件,该事件导致了大别构造混杂岩等的形成,并对前期演化历史的结果进行了彻底的改造,从而使他们表现出与围岩一致的构造变形序列,尽管如此,目前还不能完全排除部分镁铁质—超镁铁质岩及榴辉岩存在原地成因的可能性。

(3)从榴辉岩的变质年龄集中于 $197\sim 246\text{Ma}$ <sup>[26~32]</sup>,代表华北、华南的主体对接碰撞期,而碰撞时代最老界线的下限,应等于或老于祝家铺或饶钹寨的侵位年龄<sup>[10]</sup>。苏鲁超高压变质带中的柯石英榴辉岩的变质年龄( $211\sim 231\text{Ma}$ )<sup>[33~36]</sup>与大别造山带中的一致,说明苏鲁地体与大别那时为同一俯冲碰撞带,郟庐断裂是后期地质作用的产物。

(4)大别变质杂岩中的榴辉岩具有复杂的原始成分特点,既有大陆拉张时期侵位的辉长岩,又有原始表壳岩系中的(变质)大陆拉斑玄武岩;既有来自地幔的镁铁质—超镁铁质岩块,也有基性火山岩(如基性火山熔岩、基性火山凝灰岩等)及形成于地表的变质沉积岩(如泥灰岩等);此外,还可能包括一些原始的岛弧玄武岩及洋壳残片。这些不同成因、不同原岩特征的岩石是在大别造山带的强烈构造事件中混杂在一起并发生伴生的。

(5)从榴辉岩等超高压岩石俯冲深度的估算方法观之,“成岩深度的构造校正测算”法更为合理。传统的重力—比重方法估算结果表明,大多数超高压变质岩石是俯冲到地下深处100 km以下形成的,有的甚至达300 km,要从这一深度向地壳折返,其折返机理很难被人理解和接受,这也是大别造山带演化历史至今未被充分解析的原因之一。吕古贤等<sup>[43]</sup>经构造校正测算获得了大别柯石英榴辉岩的形成深度为 $32.05\sim 32.11\text{ km}$ ,并提出该柯石英榴辉岩是在这一地壳深处(或稍深一些)受强烈构造作用而形成的。这一认识有可能为大别造山带的构造格



局和演化历史的研究开辟新的途径和方法。

(6) 镁铁质—超镁铁质岩和榴辉岩的初始形成年龄应等于或老于它们的构造侵位年龄。从目前已有的资料分析,榴辉岩的成岩年龄均在前寒武纪;一批古生代变质年龄的出现可能为大别加里东造山带研究提供新的契机,但其峰变质作用在印支期已被众多资料所证实。镁铁质—超镁铁质岩的年龄较为复杂,出露于北大别的任家湾、童家冲、祝家铺、道士冲、青山、沙河等基本未遭受变质的辉石岩体可能同属该区同碰撞岩体,其年龄与榴辉岩的峰变质年龄相当(印支期);但与围岩共同遭受强烈变形变质作用的辉石辉长岩体和橄榄岩体,它们具有不同成岩年龄和成岩环境,如徐树桐等<sup>[52]</sup>获得的岳西斑竹超镁铁岩的锆石 U-Pb 年龄为 2110Ma, Jahn<sup>[51]</sup>获得的南大别毛屋岩体 Sm-Nd 模式年龄为 1.83~2.52Ga, 以及 Chavagnac 等<sup>[54]</sup>获得的碧溪岭岩体 Sm-Nd 的模式年龄为 1.96~3.85Ga。张旗等<sup>[12]</sup>获得的饶铍寨堆晶超镁铁岩其 Sm-Nd 的模式年龄为 1055Ma,他指出大别—苏鲁地区的镁铁质—超镁铁质岩的 Sm-Nd 模式年龄大多数集中在 1.1~1.8Ga 之间,代表成岩时代。

## 5 结论

根据以上研究及讨论,可得出如下结论:

(1) 大别造山带镁铁质—超镁铁质岩石可分成两大类,一类以任家湾、童家冲、祝家铺等榴辉岩体为代表,它们具有相似的特征和成岩年龄,可能与华北、华南地块聚敛碰撞产生的岛弧或大陆岩浆岩有关;另一类以饶铍寨、大化坪、碧溪岭和毛屋岩体为代表,虽然它们的成岩年龄均在前寒武纪,但却有着不同的成岩时代和成岩环境。

(2) 大别造山带中的榴辉岩多数属异地来源,具有不同的成岩年龄和复杂的原岩特点,它们是在变质杂岩的主体形成期(197~246Ma)混杂在一起的。

(3) 从榴辉岩等超高压岩石俯冲深度的估算方法观之,“成岩深度的构造校正测算法”更为合理,吕古贤等<sup>[43]</sup>经构造校正测算获得了大别柯石英榴辉岩的形成深度为 32.05~32.11 km,并提出该柯石英榴辉岩是在这一地壳深处(或稍深一些)受强烈构造作用而形成的,这一认识有可能为大别造山带的构造格局和演化历史的研究开辟新的途径和方法。

在野外研究中得到徐树桐、张鹏教授等帮助,论文在撰写过程中得到高山教授等指导,谨此致谢。

## 参 考 文 献

- 1 谢智,陈江峰,周泰禧,张巽. 大别造山带变质岩和花岗岩的钨同位素组成及其地质意义. 岩石学报, 1996, 12(3): 401~408.
- 2 李曙光,刘德良,陈移之等. 扬子陆块北缘地壳的钨同位素组成及其构造意义. 地球化学, 1994, 23(增刊): 10~16.
- 3 陈江峰,谢智,刘顺生等. 大别造山带冷却年龄的<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar 和裂变径迹年龄测定. 中国科学(B辑), 1995, 25(10): 1086~1092.
- 4 简平,杨巍然,李志昌,周慧芳. 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(2): 133~140.
- 5 赵宗溥. 试论陆内型造山作用——以秦岭—大别山造山带为例. 地质科学, 1995, 30(1): 19~28.
- 6 徐树桐,刘贻灿,江来利等. 大别山的构造格局和演化. 北京: 科学出版社, 1994. 175.
- 7 汤加富,荆延仁,侯明金等. 安徽大别山—张八岭地区若干重要基础地质问题的新认识. 中国区域地质, 1996, (1): 1~8.
- 8 杨志华. 秦岭造山带南北向构造及有关问题的讨论. 地质论评, 1997, 43(1): 10~16.
- 9 王学孟. 关于大别山群绿岩带的讨论. 中国地质, 1989, (5): 21~22.
- 10 李曙光, Hart S R, 郑双根等. 中国华北、华南陆地碰撞时代的 Sm-Nd 同位素年龄证据. 中国科学(B辑), 1989, (3): 312~319.

- 11 翟明国,从柏林.苏鲁—大别山变质带岩石大地构造学.中国科学(D辑),1996,26(3):258~264.
- 12 张旗,马宝林,刘若新等.一个消减带之上的大陆岩石圈地幔残片——安徽皖浙超镁铁岩的地球化学特征.中国科学(B辑),1995,25(8):867~873.
- 13 李曙光,聂永红,Emil Jagoutz等.大别山俯冲陆壳的再循环——地球化学证据.中国科学(D辑),1997,27(5):412~418.
- 14 徐树桐,江来利,刘灿始等.大别山(安徽部分)的构造格局和演化过程.地质学报,1992,59(4):279~285.
- 15 Gong B, Wang Q, Zhai M, et al. Ultrahigh pressure metamorphic rocks in the Dabie-Su-Lu region, China: their formation and exhumation. The Island Arc, 1994, 3: 135~150.
- 16 魏春景,王式洗,张立飞,单振刚,王晓燕,常宗广.对中国中部超高压榴辉岩的  $P$ - $T$  轨迹及返回机制的新认识.岩石学报,1996,12(1):70~78.
- 17 魏春景,单振刚,张立飞等.北大别榴辉岩的确定及其地质意义.科学通报,1997,42(17):1832~1836.
- 18 张儒媛,从柏林,刘忠光.苏鲁超高压变质地体及其成因解释.岩石学报,1993,9(3):211~225.
- 19 刘晓春.大别山榴辉岩的成因:原岩属性提供的证据.安徽地质,1992,2(4):24~34.
- 20 Ames L, Tilton G R, Zhuo G Z. Timing of collision of the Sino-Korean and Yangtz cratons, U-Pb zircon dating of coesite-bearing eclogites. Geology, 1993, 21(4):339~342.
- 21 王明来.鲁东碰撞带的初步研究.山东地质,1994,10(1):100~108.
- 22 李曙光,张志敏,张巧大等.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,1993,38(19):1773~1777.
- 23 王式洗,谭绪荣,赵云龙.苏北榴辉岩的稀土元素地球化学及其成因讨论.地质论评,1995,41(5):401~408.
- 24 简平,叶伯丹,李志昌等.大别山带榴辉岩同位素年代学  $P$ - $T$ - $t$  轨迹及其构造意义.见:陈好寿主编.同位素地球化学研究.杭州:浙江大学出版社,1994.205~213.
- 25 Li S, Jagoutz E, Zhang Z, et al. Structure of high-pressure metamorphic belt in the Dabie Mountains and its tectonic implications. Chinese Sci Bull, 1995,40(Suppl):138~140.
- 26 李曙光.论华北与扬子陆块的碰撞时代——同位素年代学方法的原理及应用.安徽地质,1992,2(4):13~23.
- 27 李曙光, Jagoutz E, 肖益林等.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),1996,26(3):249~257.
- 28 Li S, Xiao Y, Liou D, et al. Collision of the North China and Yangtze blocks and formation of coesite-bearing eclogites: timing and processes. Chemical Geology, 1993,109:138~141.
- 29 Okay A L, Sengor A M C, Stair M. Tectonics of an ultrahigh-pressure metamorphic terrane: the Dabieshan / Tongbaishan Orogen, China. Tectonics, 1993, 12(6):1320~1334.
- 30 Xiao Y, Li S, Jagoutz E, et al.  $P$ - $T$ - $t$  path for coesite-bearing peridotite-eclogite association in the Bixiling, Dabie Mountains. Chinese Sci Bull, 1995, 40(Suppl):156~158.
- 31 刘若新,樊祺诚,李惠民,张旗,赵大升,马宝林.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,1995,11(3):243~256.
- 32 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.同位素地球化学研究.杭州:浙江大学出版社,1994.175~186.
- 33 从柏林,张儒媛,李曙光等.中国苏北—胶东南高压变质带的同位素地质年代学初探.见:中国科学院地质研究所岩石圈构造演化开放实验室年报(1989~1990).北京:中国科学技术出版社,1991.68~72.
- 34 陈移之,李曙光,从柏林等.胶南榴辉岩的形成时代及成因——Sm、Nd 同位素地球化学及年代学证据.科学通报,1992,37(23):2167~2172.
- 35 韩宗珠,赵广涛,胡受奚等.中国东部榴辉岩的岩石学特征及其  $P$ - $T$ - $t$  轨迹研究.南京大学学报(自然科学版),1994,30:86~97.
- 36 Li S, Wang W, Chen Y, et al. Excess argon in phengite from eclogite: Evidence from dating of eclogite minerals by Sm-Nd, Rb-Sr and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  methods. Chemical Geology, 1994,112:343~350.
- 37 You Z, Han Y, Zhang Z, et al. Paleozoic Dates from the Dabie Mountains, Central China: Implications for ultrahigh-pressure metamorphism in Qinling orogenic belt. EOS, 1995, 46(46):712.
- 38 刘景波,游振东,钟增球.豫南鄂北大别山中部和北部的榴辉岩类.中国科学(D辑),26(3):276~281.
- 39 Wang X, Liou J G, Maruyama S. Coesite-bearing eclogites from the Dabie Mountains, central China: Petrogenesis,  $P$ - $T$  paths, and implications for regional tectonics. J Geol, 1992, 100:231~250.
- 40 樊祺诚,刘若新,张旗等.大别山超高压变质带镁铁—超镁铁岩的岩石学与高压矿物组合.中国科学(B辑),1996,26(3):265~270.

- 41 Okay A L, Xu S, Sengor A M C. Coesite from the Dabieshan eclogite, Central China. *European J Mineral*, 1989, 1: 595~598.
- 42 Wang X, Liou J G, Mao H K. Coesite-bearing eclogite from the Dabie Mountains in Central China. *Geology*, 1989, 17: 1085~1088.
- 43 吕古贤, 陈晶, 李晓波等. 构造附加静水压力研究与含柯石英榴辉岩成岩深度测算. *科学通报*, 1998, 43(24): 2590~2602.
- 44 韩宗珠, 袁荣林, 盛兴土. 安徽岳西碧溪岭榴辉岩及伴生石榴石橄榄石的岩石学和地球化学. *岩石学报*, 1989, (4): 22~33.
- 45 肖益林, 傅斌, 李曙光等. 大别山碧溪岭榴辉岩变质温压条件计算及氧同位素研究. *地球学报*, 1997, 18(3): 318~323.
- 46 韩宗珠, 盛兴土, 袁荣林. 大别山地区榴辉岩及伴生石榴石橄榄岩的矿物化学研究. *矿物岩石*, 1989, 9(4): 30~39.
- 47 郑永飞, 傅斌, 肖益林等. 大别山榴辉岩氢氧同位素组成及其地球动力学意义. *中国科学(D辑)*, 1997, 27(2): 121~126.
- 48 江来利, 徐树桐, 刘贻灿等. 大别山超高压变质岩的构造背景. *地质论评*, 1995, 41(3): 229~237.
- 49 潘国强, 赵连泽, 夏木林. 大别山碰撞造山带的构造模型及其地质演化. *中国区域地质*, 1997, 16(1): 43~50.
- 50 李曙光, 肖益林, 刘德良. 大别山石马地区石榴黑云片麻岩的 Sm-Nd, K-Ar 年龄及冷却速率. *地质科学*, 1995, 30(2): 174~182.
- 51 Jahn B-M. Geochemical and isotopic characteristics of UHP eclogites and ultramafic rocks of the Dabie Orogen: implications for continental subduction and collisional tectonics. In: Bradley R. Hacker, Juhn G. Liou, eds. *When continents collide: geodynamics and geochemistry of ultrahigh-pressure rocks*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers. 203~239.
- 52 徐树桐, 董树文, 周海渊等. 大别山东段(安徽)大别杂岩中的断层和推覆构造. *科学通报*, 1984, 29(5): 298~301.
- 53 Chavagnac V, Jahn B-M. Coesite-bearing eclogites from the Bixiling Complex, Dabie Mountains, China: Sm-Nd ages, geochemical characteristics and tectonic implications. *Chemical Geology*, 133: 29~51.

## Discussions on Mafic-Ultramafic Rocks and Eclogites in Dabie Orogen, Central China

Kuang Shaoping, Ling Wenli and Zhang Benren

(Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan, 430074)

### Abstract

On the bases of recent researches and recent references, this paper mainly discusses the origin and evolution of mafic-ultramafic rocks and eclogites occurring in high pressure-ultrahigh pressure metamorphic belt, Dabie orogen. Systematic studies of petrology and geochemistry indicate that the mafic-ultramafic rocks in this region can be divided into two types. The mafic-ultramafites of the first type, with similar geological characteristics and Sm-Nd age, are represented by Zhujiapu, Renjiawan and Tongjiachong gabbro intrusions in the northern Dabie orogenic belt, which are possibly associated with basaltic magmas from the island arc or continental mantle evolved from the collision between the North China and Yangtze blocks. On the contrary, those of the second type with different rock-forming ages and environments are almost of the Precambrian, derived from either continental mantle slices such as Naobozhai harzburgites or the differentiation of basaltic magmas in layered intrusions such as the Maowu and Bixiling peridotites. Eclogites in the Dabie HP-UHP metamorphic belt are not dominantly originated from their country rocks but produced from complicated protoliths with various isotopic ages. However, the fact that their metamorphic ages are concentrated in the Indosinian (197~246 Ma) suggests that all

these eclogites experienced the same tectonic event of subduction-collision between the North China and Yangtze blocks. The evaluated formation depths (32.05~32.11 km) of coesite-bearing eclogites presented by Lü et al. (1998), we believe, are more reasonable than previous data of over 100 km in interpreting the exhumation of HP-UHP metamorphic rocks.

**Key words** : mafic-ultramafic rocks; eclogites; HP-UHP metamorphism; protoliths; rock-forming ages; exhumation; Dabie orogenic belt

### 作者简介

匡少平,男,1966年生。1987年毕业于中国地质大学(武汉)地球化学系;现在中国地质大学(武汉)地球科学学院工作,任副教授,主要从事地球化学研究。通讯地址:430074,湖北喻家山,中国地质大学(武汉)地学院地球化学研究所。

---

---