

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

# 大别山榴辉岩岩石学及地球化学特征

张建珍

(石家庄经济学院,河北,050031) (国家地震局分析预报中心,北京,100036)

杜建国

张友联

(地震出版社,北京,100081) (石家庄经济学院,河北,050031)

白锦莲

**内容提要** 本文分析了大别山地区榴辉岩的产出特点,矿物化学、岩石化学及元素地球化学特征。所获资料表明大别山榴辉岩与围岩一起经历了超高压变质作用,但其化学成分特征与围岩存在一定的差异,兼有大陆玄武岩和大洋玄武岩的特征。这些岩石大部分可能为板块俯冲过程中带入的大洋岩石残片。在深部变质形成榴辉岩后又随大别杂岩一起被抬升到地表,在抬升过程中经历了不同程度的退变质作用。

**关键词** 榴辉岩 岩石成因 地球化学 大别山

榴辉岩由于其产出位置及矿物组合的特殊性已越来越引起人们的重视。随着板块构造学说的兴起,人们把榴辉岩与大陆板块运动联系起来,用大陆板块碰撞,俯冲部位的超高压变质作用来解释榴辉岩的分布及矿物组成。榴辉岩中柯石英和金刚石的发现进一步证明,目前许多出露的变质岩中榴辉岩至少是在地表100km以下经高压变质作用形成的<sup>[1]</sup>。但这些榴辉岩究竟是由原岩中的某些岩石原地变质形成的,还是构造挤入的外来岩块尚无定论。大别山区是目前世界上已发现的3个含柯石英榴辉岩的高压变质地体之一,该区处于扬子和中朝两个大陆板块的碰撞部位,秦岭—大别山造山带的东部(图1)。榴辉岩呈大小不等的岩块产于大别角闪岩相—麻粒岩相变质岩中,其形成时代早于片麻岩类<sup>[2]</sup>。本文试图从榴辉岩的产出特点、矿物成分及元素地球化学特征来探讨该区榴辉岩的成因类型及原岩成分。

## 1 榴辉岩的野外产出特点

大别山的榴辉岩产于大别杂岩中。大别杂岩是一套主要由黑云斜长片麻岩、二长片麻岩、角闪斜长片麻岩、浅粒岩、部分斜长角闪岩和大理岩组成的变质杂岩。按照榴辉岩体的形态、围岩(寄主岩石)的类型以及与围岩的相互关系可将榴辉岩的产出状态分为以下几种:

(1) 与超基性岩有关的大型榴辉岩杂岩体:如岳西碧溪岭岩体,出露达0.7km<sup>2</sup>,以榴辉岩为主,超基性岩石呈条带状夹于榴辉岩中,杂岩体中不同部位榴辉岩成分和结构上也存在较大差别,不同成分榴辉岩之间呈突变接触关系。岩石类型有3种<sup>[3]</sup>,岩体形态不规则。

(2) 夹于片麻岩中超基性岩内的呈透镜状、条带状的榴辉岩:出露规模往往很小,岩体以超基性岩为主,榴辉岩在其中呈透镜状,如太湖毛屋岩体,围岩为黑云斜长片麻岩,榴辉岩夹于

注:本文为国家自然科学基金资助项目(编号49273185)。

本文1997年6月收到,1998年1月改回,郝梓国编辑。

蛇纹石化及滑石绿泥石化的辉橄岩和辉石岩中。超基性岩及榴辉岩的分布与围岩片麻理的产状近一致。

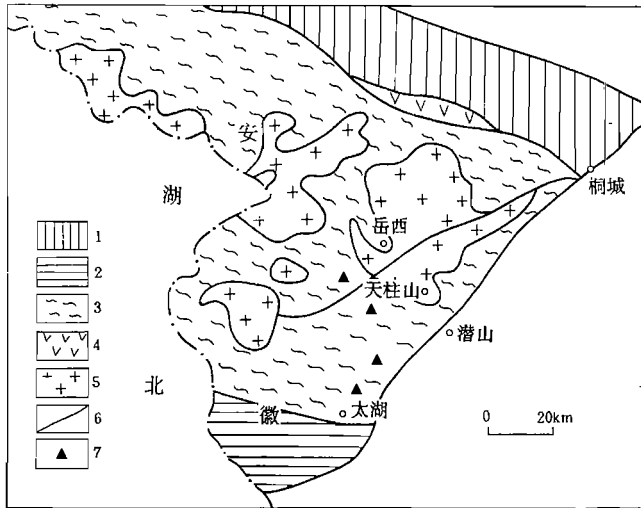


图1 大别山地区地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of the Dabie Mts. area

1—佛子岭群; 2—宿松群; 3—大别杂岩; 4—中生代火山岩;  
5—花岗岩; 6—断层; 7—采样地点

1—Fuziling Group; 2—Susong Group; 3—Dabie complex; 4—Mesozoic  
volcanic rock; 5—granite; 6—fault; 7—sampling locations

县牌楼乡王大屋, 大理岩夹于含硬玉片麻岩的高压变质岩系中, 榴辉岩块体大小多在几厘米到几十厘米, 成群出现。岩石挤压变形强烈, 透镜状榴辉岩块长轴与片理方向一致。

## 2 榴辉岩的岩相学

与超基性岩有关的两种榴辉岩退变质现象较弱, 所采样品比较新鲜, 其中碧溪岭岩体均为含石榴榴辉岩, 岩石从浅绿色到墨绿色, 露头上可见石榴石和绿辉石聚集形成条带, 粒度 $0.5\sim 1\text{ mm}$ 。矿物成分比较简单, 原生矿物组合为石榴石-单斜辉石-金红石-石英-多硅白云母。石榴石和单斜辉石在单偏光镜下近于无色。包体比较少, 仅在个别石榴石中可见单斜辉石和磷灰石包体。石英主要在粒间呈单个颗粒出现, 部分可见交代单斜辉石和石榴石。高倍镜下可见石英中含有少量孤立出现的卵圆形气液包裹体, 大小 $< 0.005\text{ mm}$ 。退变质作用只出现在裂隙发育部位, 绿辉石分解形成垂直裂隙边生长的后生合晶状矿物。毛屋型榴辉岩为不含石英的榴辉岩, 岩石具中一粗粒粒状变晶结构, 由于石榴石含量较高(55%±)而显红色, 矿物组合简单, 石榴石-单斜辉石-金红石。单偏光镜下石榴石呈淡红色, 单斜辉石为淡绿色。金红石主要在石榴石和单斜辉石中呈包体出现, 石榴石中含有大量单斜辉石包体。与之伴生的富石榴超基性岩中辉石主要为斜方辉石, 并可见残留的橄榄石以及次生矿物硅镁石。斜方辉石为顽火辉石, MgO含量达33.58%, 石榴石中镁铝榴石分子含量高达60%, 明显不同于共生榴辉岩中石榴石和辉石的成分。

(3) 产于片麻岩中的呈条带状、似层状或石香肠状的榴辉岩: 这种榴辉岩在大别山分布较广, 在岳西至太湖一带均有出露。围岩有黑云斜长片麻岩及斜长角闪岩等。榴辉岩规模不大, 一般延伸几米到几十米, 延伸方向与围岩片麻理一致, 见于岳西五庙及太湖石马等地。

(4) 在含大理岩夹层的片麻岩中呈角砾状、团块状的榴辉岩: 围岩为片麻岩与大理岩互层。榴辉岩呈大小不等的岩块出现在片麻岩中, 单体大小从几毫米到几十厘米, 呈角砾状、团块状成群出现。含榴辉岩的片麻岩为角闪斜长片麻岩, 而大理岩为白色含白云母和少量钙硅酸盐的大理岩。这种榴辉岩分布也较广, 见于潜山横中、太湖石马等地。

(5) 在大理岩中呈不规则团块状透镜状包体的榴辉岩: 见于潜山

产于片麻岩和大理岩中的榴辉岩都遭受了强烈的退变质作用。矿物成分十分复杂,不同世代的矿物在同一岩石薄片中共存。柯石英和金刚石发现于这几种产状的榴辉岩中<sup>[4,5]</sup>。岩石中榴辉岩相的原生矿物组合差别不大,主要为石榴石-单斜辉石-金刚石-磷灰石-柯石英。与大理岩有关的榴辉岩中可能有碳酸盐矿物,但未发现文石的残余,因而难以与后期的方解石区分。退变质现象表现在以下几个方面。

(1) 石榴石:在仍保存榴辉岩特征的岩石中退变质现象并不强烈,主要沿石榴石的边部交代生成霓辉石或钠质角闪石的环边(图 2A),或沿裂隙交代生成霓辉石或角闪石。个别薄片中间见石榴石边部分解,反应生成合晶状钠长石和不透明矿物的环边。其他变化并不明显。

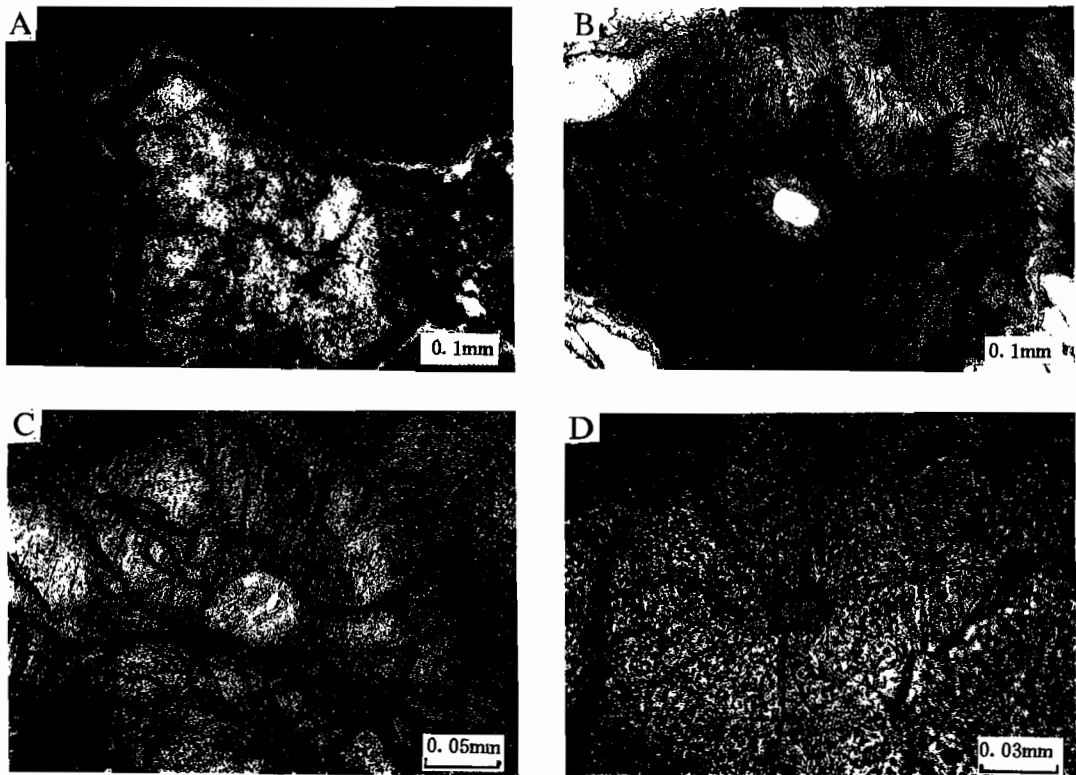


图2 榴辉岩中几个重要矿物退变质作用的镜下特征

Fig. 2 Microscopic characteristics of diaphthresis of several important minerals in the eclogites

A—石榴石(Garnite);B—单斜辉石(cclinopyxene);C,D—石英(quartz)

(2) 单斜辉石:退变质现象最为明显,单斜辉石首先分解形成似纤维状后成合晶状矿物(图 2B)。显微镜下区分不出不同物相,探针分析成分较均一,仍为绿辉石,但 $\text{Na}_2\text{O}$ 含量略低于原生绿辉石。进一步分解则形成粒度稍粗,高倍镜下可分出物相集合体,成分为钠长石、钠质角闪石和普通辉石的集合体,同一集合体中角闪石成分变化也很大。不同的岩石薄片,这种细粒进一步退变质则表现出一定的差别,有的生成粒度较大的蓝绿色普通角闪石;有的则直接转变成微晶状黑云母集合体,在黑云母集合体中还出现较大的白云母或绿泥石;还有的则生成角闪石和钠质斜长石,二者呈交生结构。在石榴石中呈包体的单斜辉石,一般只出现最初阶段的

退变质现象。

(3) 金红石:主要在石榴石和单斜辉石中呈包体出现,较大颗粒的金红石常沿解理出现钛铁矿条纹。在退变质强烈的岩石中,金红石转变为钛铁矿、榍石,但中心仍有金红石的残余。

(4) 石英有3种:一是呈柯石英假象出现在石榴石或单斜辉石中,石英常呈多晶石英集合体,个别中心有柯石英残留,集合体边部在母体矿物中形成环状或放射状裂隙(图2C,D),这种石英集合体很小,一般 $<0.05\text{ mm}$ ;二是石英在粒间或退变质的合晶状矿物中呈单颗粒出现,流体包裹体很少见,表明为高温无水条件下生成,也可能经历了由柯石英向石英的转变,光性均一;三是石英呈不规则团块状,略具波状消光,主要出现在与大理岩有关的榴辉岩中,高倍镜下可见石英内部有大量呈线状分布的气液包裹体,这种石英为低温含水介质条件下的产物。反映出岩石由高级到低级的退变质作用。

除上述几种退变质明显的矿物之外,在与大理岩有关的榴辉岩中普遍含有碳酸盐矿物,在个别薄片可见碳酸盐矿物颗粒间呈明显不平衡结构,不同期的碳酸盐矿物呈同心环状,最多的可分出4层,但均为一轴晶矿物,可能为退变质作用阶段多期碳酸盐化的结果。在大理岩中呈包体出现的榴辉岩中还可可见与石榴石共生的绿帘石,在石榴石以及单斜辉石中呈包体。退变质作用对其影响不大,呈它形粒状。

### 3 榴辉岩的矿物化学

#### 3.1 石榴石

不同榴辉岩中石榴石的电子探针分析结果列于表1中。与超基性岩有关的榴辉岩中明显富镁( $\text{MgO}7.50\% \sim 12.86\%$ ),镁铝榴石分子达40%。而与大理岩有关的榴辉岩中石榴石明显富钙( $\text{CaO}15\% \pm$ ),钙铝榴石分子在40%以上,而 $\text{MgO}$ 含量较低( $3.95\% \sim 4.86\%$ ),镁铝榴石分子 $<20\%$ 。呈似层状、石香肠状产于片麻岩中的榴辉岩中石榴石明显富铁( $\text{FeO}$ 多在 $25\% \pm$ ),铁铝榴石分子达55%以上。分析的样品中未发现石榴石具明显的分带现象。石榴石端元组成上除毛屋榴辉岩外,多属于C类榴辉岩的石榴石组成<sup>[6]</sup>。

表1 不同榴辉岩中石榴石的化学成分(%)电子探针分析结果

Table 1 The chemical compositions (%) of garnet in different eclogites

样品	1	2	3	4-1	4-2	4-3	5	6	7	8	9	10
$\text{SiO}_2$	40.81	38.84	39.95	38.69	39.35	38.79	40.27	39.03	39.82	38.14	38.82	41.75
$\text{TiO}_2$	0.12	0.00	0.25	0.09	0.08	0.00	0.00	0.21	0.15	0.18	0.11	0.25
$\text{Al}_2\text{O}_3$	22.67	21.60	21.56	21.00	20.91	21.62	22.21	21.15	21.72	21.61	21.58	22.84
$\text{Cr}_2\text{O}_3$	0.02	0.00	0.11	0.00	0.00	0.13	0.12	0.05	0.09	0.06	0.11	0.37
$\text{FeO}$	12.07	26.87	18.62	26.36	26.40	25.35	20.96	24.37	17.95	18.92	31.54	13.07
$\text{MnO}$	0.18	1.37	0.51	0.71	0.53	0.48	0.52	0.55	0.58	0.62	0.15	0.57
$\text{NiO}$	0.00	0.07	0.09	0.13	0.11	0.00	0.00	0.06	0.00	0.10	0.00	0.00
$\text{MgO}$	10.40	7.50	8.20	4.13	3.84	3.89	8.05	4.83	4.86	3.95	5.95	17.03
$\text{CaO}$	12.86	4.11	10.87	8.93	9.53	9.60	8.96	10.03	15.41	14.67	3.04	4.95
$\text{Na}_2\text{O}$	0.00	0.21	0.42	0.00	0.05	0.10	0.10	0.11	0.28	0.28	0.12	0.48
$\text{K}_2\text{O}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合计	99.18	100.62	100.59	100.12	100.96	99.97	101.25	100.40	100.98	98.55	101.47	101.33

注:1~3—与超基性岩有关的榴辉岩中的石榴石;4~6—与片麻岩有关的榴辉岩中的石榴石(4-1,4-2,4-3为同一颗粒);7,8—与大理岩有关的榴辉岩中的石榴石;9—硬玉片麻岩中的石榴石;10—石榴辉石岩中的石榴石; $\text{FeO}$ —全铁。

#### 3.2 单斜辉石

榴辉岩中单斜辉石的电子探针分析结果见表2。

表2 不同榴辉岩中单斜辉石的化学成分(%)电子探针分析结果

Table 2 The chemical compositions (%) of clinopyroxene in different eclogites

样号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO <sub>2</sub>	57.51	58.29	56.51	55.99	55.65	57.18	57.69	57.33	56.21	42.09
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.10	0.15	0.00	0.03	0.00	0.05	0.15	0.03	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.39	15.82	0.99	8.51	8.15	10.48	14.67	12.73	10.17	23.16
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.17	0.00	0.01	0.00	0.00	0.17	0.02	0.01	0.10	0.28
FeO	1.27	4.87	4.56	7.80	7.23	4.34	4.24	3.44	3.80	12.70
MnO	0.00	0.16	0.04	0.20	0.21	0.02	0.00	0.00	0.09	0.45
NiO	0.09	0.00	0.08	0.00	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
MgO	9.21	4.30	15.35	7.29	7.82	7.73	4.59	7.65	8.72	16.96
CaO	12.64	5.73	20.52	11.79	11.80	10.99	7.14	10.83	13.05	4.62
Na <sub>2</sub> O	6.84	11.21	1.62	6.81	7.33	8.02	9.84	8.96	6.73	0.02
K <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注:1~3—与超基性岩有关的榴辉岩中的单斜辉石;4~7—与片麻岩有关的榴辉岩中的单斜辉石;

8、9—与大理岩有关的榴辉岩中的单斜辉石;10—石榴辉石岩中的单斜辉石;FeO—全铁。

从化学成分上看,除毛屋榴辉岩中的单斜辉石为富钠的钙钠辉石外(Na<sub>2</sub>O为6.73%~11.21%),硬玉分子的含量在40%~67%,部分含有少量锥辉石,透辉石分子含量多在40%左右,为典型榴辉岩相中的绿辉石。在同一区段不同产出状态的榴辉岩中绿辉石成分并无明显区别,同一岩石薄片中的绿辉石成分相同。在相同产出状态而不同采样位置的榴辉岩中绿辉石的成分有一定的差别。毛屋岩体榴辉岩中单斜辉石为钠质普通辉石,CaO含量高(20.52%),而Na<sub>2</sub>O较低(1.62%)。从矿物组合上看应属于广义的榴辉岩类岩石,而不是典型的榴辉岩。

总体上来看,榴辉岩的主要矿物化学成分与围岩有一定的关系,与超基性岩有关的富镁,与大理岩有关的富钙,而产于片麻岩中的由于片麻岩成分变化大而矿物化学成分变化也大。次要矿物成因复杂,化学成分变化也大。

## 4 榴辉岩的地球化学

### 4.1 岩石地球化学

榴辉岩及其围岩化学分析资料(表3),表明绝大多数榴辉岩化学成分与基性岩化学成分相似。部分样品SiO<sub>2</sub>含量属超基性岩范围,但MgO含量较低(3.01%~7.92%),远低于超基性岩的MgO含量。与超基性岩有关的榴辉岩相对富Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和MgO,与大理岩有关的榴辉岩富SiO<sub>2</sub>和CaO,而产于各类片麻岩中的榴辉岩化学成分变化较大。平均成分与各类榴辉岩的平

表3 大别山榴辉岩及其围岩的化学成分(%)

Table 3 The chemical compositions (%) of eclogites and their country rocks

样号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.34	7.24	9.44	11.71	7.87	9.14	10.06	14.85	13.62	12.85	12.66
SiO <sub>2</sub>	48.73	40.22	41.35	45.17	39.92	44.28	42.31	48.52	56.60	53.86	70.67
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.12	14.99	19.34	13.63	13.35	12.64	14.23	10.01	6.78	7.96	6.29
CaO	11.68	14.55	12.08	10.88	17.81	14.75	15.35	6.12	5.18	5.49	1.55
MgO	1.36	6.41	0.10	2.05	0.10	0.10	0.10	3.34	0.85	2.94	0.62
Na <sub>2</sub> O	2.76	0.68	4.31	4.42	2.04	2.31	3.88	4.33	4.48	3.26	4.23
K <sub>2</sub> O	0.24	0.12	0.32	0.73	0.16	0.38	0.12	2.16	2.52	1.61	0.28

注:1、2—与超基性岩有关的榴辉岩;3、4—与片麻岩有关的榴辉岩;5~7—与大理岩有关的榴辉岩;8~11—围岩(其中:8—角闪质岩;9~10—片麻岩;11—硬玉片麻岩)。

均化学成分相似。与大别杂岩中广泛分布的一些变质的超基性岩、基性岩有共同之处,但也存在一定差别,成分变化较大。这与前人报道的岩石化学分析结果(表4)一致。

表4 大别山榴辉岩岩石化学成分(%)变化范围表

Table 4 The chemical compositions (%) of eclogites in the Dabie Mts. area

化学成分	与超基性岩有关的 榴辉岩 <sup>[7,8]</sup> (n=4)		产于片麻岩中的 榴辉岩 <sup>[7,8]</sup> (n=17)		与大理岩有关的 榴辉岩 <sup>[7,8]</sup> (n=5)		平均 (n=2)	大别杂岩中 变基性岩 <sup>[9]</sup> (n=20)
	变化范围	平均值	变化范围	平均值	变化范围	平均值		
SiO <sub>2</sub>	45.50~47.94	46.33	41.68~55.84	48.17	45.96~55.44	50.00	48.24	50.52
TiO <sub>2</sub>	0.40~0.95	0.62	0.42~3.68	1.58	0.60~2.90	1.51	1.42	1.64
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.73~20.33	17.09	12.53~19.08	15.56	12.64~16.69	15.04	15.70	14.62
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.69~3.91	2.63	1.02~6.40	4.00	1.61~8.04	3.47	3.69	7.02
FeO	5.39~9.58	7.82	5.02~15.26	9.81	9.16~13.13	10.16	9.57	3.91
MnO	0.17~0.35	0.28	0.20~0.36	0.27	0.24~0.38	0.30	0.28	0.18
MgO	7.30~18.35	13.92	3.01~11.81	6.09	3.32~7.61	4.87	7.06	5.96
CaO	8.26~10.60	9.25	8.27~12.74	10.60	8.67~13.53	11.30	10.54	8.77
Na <sub>2</sub> O	0.42~2.44	1.39	0.19~3.46	2.02	0.47~3.56	1.81	1.88	2.76
K <sub>2</sub> O	0.04~0.36	0.13	0.00~1.13	0.23	0.00~0.33	0.12	0.19	1.26
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00~0.46	0.15	0.02~1.06	0.27	0.02~0.69	0.25	0.25	0.29

各类榴辉岩原岩恢复的结果表明绝大部分属于基性岩浆岩,少数为超基性岩和钙镁质的泥灰岩。榴辉岩与基性岩在C-Mg图解上演化趋势也完全一致。这与大别杂岩中角闪质岩和榴辉岩的原岩恢复结果一致<sup>[7,9]</sup>。说明本区榴辉岩与角闪质岩石有成因联系。

#### 4.2 稀土元素地球化学

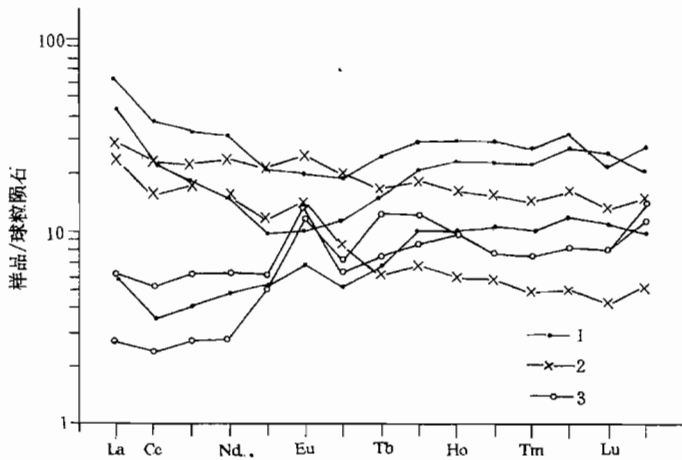


图3 榴辉岩的稀土元素配分曲线

Fig. 3 The chondrite-normalized REE patterns of the eclogites

1—与大理岩有关的榴辉岩;2—与超基性岩有关的榴辉岩;  
3—与片麻岩有关的榴辉岩

1—Eclogites associated with marble;2—eclogites associated with  
ultrabasic rock;3—eclogites associated with gneiss

稀土元素即使在角闪岩相到麻粒岩相的变质作用中也是不活动的<sup>[10]</sup>,甚至在榴辉岩的形成过程中稀土元素也是不活动的<sup>[11]</sup>。因而利用稀土元素地球化学特征来推测榴辉岩的原岩类型以及与其共生岩石的关系应是有效手段之一。

采自大别山地区的7个榴辉岩和4个共生片麻岩的稀土元素分析结果见表5。球粒陨石标准化后所做的配分曲线图(图3),展示了不同产状榴辉岩稀土特征有所差别,轻重稀土的分馏并不明显。La/Yb=0.33~4.77,多数<2。明显分为两组,一组为轻稀土弱富集型,它包括了与超基性

有关的榴辉岩和与大理岩共生的片麻岩中的榴辉岩,铕异常不明显或显弱的正异常,与太古代大陆拉斑玄武岩相似。另一组为轻稀土亏损型,它包括了呈似层状、条带状产于片麻岩中的榴

辉岩和在大理岩中呈包体的榴辉岩。该组稀土总量比较低,  $\Sigma\text{REE}=40.01\sim 45.20$ ,  $\text{La}/\text{Yb}=0.33\sim 0.70$ ,  $\text{LREE}/\text{HREE}=0.18\sim 0.42$ 。具有明显的正铕异常( $\delta\text{Eu}=1.32\sim 2.25$ )。其特征既显示了橄榄质科马提岩或大洋拉斑玄武岩的稀土特点,又显示了具斜长石的堆晶作用。所分析的4个榴辉岩围岩样品中一个为斜长角闪岩,两个黑云斜长片麻岩,一个硬玉片麻岩。稀土特征与共生榴辉岩差别较大,呈明显的轻稀土富集型,  $\Sigma\text{REE}=120.33\sim 238.98$ ,  $\text{La}/\text{Yb}=5.82\sim 8.81$ ,  $\delta\text{Eu}=0.65\sim 1.06$ , 低于与其共生的榴辉岩。  $\text{LREE}/\text{HREE}=2.56\sim 3.57$ 。4个样品虽然采自不同地点,但稀土特征十分相似,也与大别杂岩中的角闪质岩石稀土特征相似<sup>[9]</sup>。

表5 不同榴辉岩和部分围岩的稀土元素分析结果( $\times 10^{-6}$ )Table 5 REE contents ( $\times 10^{-6}$ ) of eclogites and their country rocks

样品	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
La	7.72	9.51	0.88	1.89	19.61	14.02	1.90	19.24	31.93	30.21	48.68
Ce	14.36	21.73	2.16	4.84	33.86	21.63	3.28	39.79	59.76	54.64	83.99
Pr	2.09	2.65	0.32	0.72	3.97	2.18	0.50	5.05	6.71	6.08	9.13
Nd	9.36	14.40	1.62	3.68	18.69	8.90	2.89	21.65	30.83	26.14	37.49
Sm	2.26	4.33	0.99	1.16	4.14	1.91	1.05	4.51	6.00	4.69	6.22
Eu	1.04	1.82	0.84	0.97	1.46	0.73	0.50	1.44	1.86	1.13	1.19
Gd	2.65	6.12	2.18	1.86	5.81	3.52	1.60	4.52	5.88	4.73	6.00
Tb	0.30	0.81	0.60	0.37	1.21	0.74	0.33	0.59	0.79	0.73	0.90
Dy	2.09	5.75	3.74	2.66	8.98	6.35	3.09	3.31	5.74	4.62	5.76
Ho	0.42	1.17	0.70	0.72	2.14	1.68	0.73	0.66	1.19	0.98	1.17
Er	1.19	3.19	1.62	1.62	6.07	4.80	2.22	1.66	3.38	2.77	3.27
Tm	0.16	0.47	0.24	0.24	0.87	0.73	0.33	0.21	0.49	0.41	0.47
Yb	0.96	3.08	1.56	1.60	5.83	5.09	2.22	1.35	3.26	2.69	3.28
Lu	0.13	0.40	0.24	0.25	0.66	0.78	0.34	0.10	0.48	0.43	0.51
Y	10.22	29.00	27.51	21.91	52.81	40.23	19.03	16.25	32.28	25.94	30.92
LREE	36.83	54.44	6.81	13.26	81.73	49.37	10.12	91.68	137.09	122.89	186.70
HREE	18.12	49.99	38.39	31.23	84.38	63.92	29.89	28.65	53.49	43.30	52.28
$\Sigma\text{REE}$	54.95	104.43	45.20	44.49	166.11	113.29	40.01	120.33	190.58	166.19	238.98
LR/HR	2.03	1.09	0.18	0.42	0.97	0.77	0.34	3.20	2.56	2.84	3.57
$\delta\text{Eu}$	1.44	1.20	1.92	2.25	1.01	0.96	1.32	1.06	1.04	0.80	0.65
La/Yb	4.77	1.83	0.33	0.70	2.00	1.64	0.51	8.46	5.82	6.67	8.81

1、2—与超基性岩有关的榴辉岩;3、4—与片麻岩有关的榴辉岩;5~7—与大理岩有关的榴辉岩;8~11—围岩(其中:8—角闪质岩,9—片麻岩,10—片麻岩,11—硬玉片麻岩)。

## 5 成因分析

从以上特征可以看出,大别山地区榴辉岩是来自地下深处,并经历过超高压变质作用,在抬升过程中受到了不同程度的退变质作用。在产出特点、岩石化学和矿物化学成分上与围岩的成分有一定相关关系。但稀土元素地球化学上表现出较大的差别。

大别山地区榴辉岩与其围岩一起经历了同一超高压变质作用历程,这一事实也被许多地质工作者从矿物学上得到了证实。但现在的榴辉岩在俯冲前是否就与其围岩共生在一起还值得商榷,不能排除为外来岩块的可能性。这是因为:①多数榴辉岩与围岩突变接触,而呈团块状、角砾状。即使有的呈似层状、条带状产出,但大别杂岩经历了复杂的变形变质历史。现在的片麻理不能代表原岩的层理,强烈的变形作用可以使块状岩石变为似层状、条带状。②榴辉岩虽然在化学成分上与某些变基性岩相似,但成分变化范围大。 $\text{SiO}_2$ 含量可从超基性到基性岩

的范围。但 MgO、FeO 的含量与 SiO<sub>2</sub> 含量的关系不符合正常岩浆岩的成分变化规律,反映了原岩成分的复杂性。③ 相同产出特点的榴辉岩化学成分及稀土元素地球化学特征差别很大,反映不是同一原岩类型变质形成。④ 不同产出的榴辉岩稀土元素特点差别很大,而不同的围岩稀土元素特点相同,反映围岩为一套有成因联系的岩石,而榴辉岩具有外来的特点。⑤ 变质矿物的形成往往是在细粒基础上生长,逐渐联合成较大斑晶,成分分带性不明显。而本区部分榴辉岩中石榴石具明显分带性<sup>[12]</sup>,具岩浆结晶型特点。

因此,笔者认为本区榴辉岩并不是简单的原地型变质成因,而是在俯冲过程中带入了大量大洋岩石残片,最可能的是大洋玄武岩或蛇绿岩杂岩中的基性—超基性岩。这些岩石由携带它们的大别杂岩带入到地下 100 km 深度以下,一起经历超高压变质作用,形成变质程度相同而化学成分特征不同的超高压变质岩。在高温高压变质作用下榴辉岩受到围岩成分的影响,与围岩的化学成分表现出一定的相关关系,然而,不活动的稀土元素仍保留其各自的原岩属性特征。但绝不能排除原大别杂岩中部分大陆玄武质岩石也在高压变质作用下形成榴辉岩的可能性。

吴维平高级工程师、常永莲工程师在野外工作中给予大力支持,笔者表示衷心的感谢。

### 参 考 文 献

- 1 徐树桐,江来利,刘贻灿,张勇. 大别山(安徽部分)的构造格局和演化过程. 地质学报,1992,66(1):1~14.
- 2 李曙光,刘德良,陈移文,葛宁洁,张守清,叶笑江. 大别山南麓含柯石英榴辉岩的 Sm-Nd 同位素年龄. 科学通报,1992,37(4):346~348.
- 3 韩宗珠,袁荣林,盛兴杰. 安徽岳西碧溪岭榴辉岩及伴生石榴橄榄岩的岩石化学和地球化学. 岩石学报,1989(4):22~33.
- 4 潘国强,荆延仁,夏木林,梁万通,王小民,刘忠光,丸山茂德,毛河光. 大别山区含柯石英榴辉岩的发现. 地质论评,1990,36(4):359~363.
- 5 Xu Shutong, Su Wen, Liu Yican, Jiang Laili, Ji Shouyuan. Dimonds from high-pressure metamorphic rocks in eastern Dabie Mountains, Chinese Science Bulletin, 1992, 6(17):1318~1321.
- 6 Coleman R G, Lee D E, Brannock W W. Eclogites: Their differences and similarities. Geol. Soc. Amer. Bull., 1965, 76:483~508.
- 7 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,(4):24~33.
- 8 梁万通,荆延仁. 安徽大别山区含柯石英榴辉岩的地质特征. 长春地质学院学报,1990,20(4):393~398.
- 9 王江海. 大别杂岩的早期演化及混合岩成因机制. 北京:中国地质大学出版社. 1991, 1~134 页.
- 10 王凯怡. 某些变质岩中的稀土元素. 国外地质,1981,(11):29~37.
- 11 Shatsky V S, Rozmenko O A, Soboiev N V. Behaviour of rare-earth elements during high-pressure metamorphism. Lithos, 1990,25:219~226.
- 12 Wang Xiaomin, et al. Coesite-Bearing Eclogites from the Dabie Mountains, Central China: petrogenesis, P-T Paths and Implications from Regional Tectonics. J. Geol., 1992, 100:231~250.

## Petrology and Geochemistry of Eclogite in The Dabie Mountains

Zhang Jianzhen

(Shijiazhuang College of Economy, Hebei, 050031)

Zhang Youlian

(Seimological Publish House, Beijing, 100081)

Du Jianguo

(Center of Analysis and Prediction SSB, Beijing, 100036)

Bai Jinlian

(Shijiazhuang College of Economy, Hebei, 050031)

### Abstract

This paper analyzes the mode of occurrence and mineral chemical, petrochemical and element geochemical characteristics of eclogite in the Dabie Mountains area. The data show that e-



eclogite in the study area underwent ultrahigh-pressure metamorphism together with its surrounding rocks, but chemical compositions of eclogite show certain differences from those of the latter. The eclogites show geochemically characteristics of both continental and oceanic basalt. Most of the rocks might be originally fragments of oceanic rocks introduced during plate subduction. They were exhumed up to the surface together with the Dabie complex after they were metamorphosed into eclogite at depth. During exhumation eclogite underwent different degrees of retrometamorphism.

**Key words:** eclogite; gnesis; geochemistry; Dabie Mountains

### 作者简介

张建珍,男,1956年生。1981年毕业于河北地质学院地质系,现任石家庄经济学院副教授,主要从事岩石学研究工作。通讯地址:050031,石家庄建华大街,石家庄经济学院资源系。

---

---