

大别山混杂岩带中的石榴石

韩宗珠

(青岛海洋大学海洋地质系, 青岛)

袁荣林

(中国科学院地球化学研究所, 贵阳)

盛兴土

(湖南省矿产测试利用研究所, 长沙)

倪帮发

(中国原子能科学研究院, 北京)

摘 要

本文利用X粉晶、电子探针和仪器中子活化等手段, 对大别山混杂岩带中榴辉岩及伴生石榴石橄榄岩中的18个石榴石作了研究。研究表明, 石榴石的成份为连续过渡变化, 其晶胞参数与 Ca^{2+} 有正相关关系, 其镁铝榴石端员组分为17~63%, 与全岩的 $\text{Mg}/\langle \text{Fe} \rangle$ 比值呈线性正相关关系。稀土元素球粒陨石标准化模式为重稀土富集型, 正锆异常。稀土元素的总量较低, 为9~29ppm。推测: 榴辉岩和石榴石橄榄岩为同一来源的基性岩浆分异后, 在地幔与地壳之间(壳幔边界层)发生深成变质作用而形成。

石榴石是榴辉岩和石榴石橄榄岩的主要造岩矿物之一。谢寡克等^[1]曾对大别山地区分布于片麻岩中的榴辉岩中的特征矿物作了矿物化学和穆斯鲍尔谱研究。本文利用电子探针、仪器中子活化和X粉晶, 分析了大别山混杂岩带中榴辉岩及伴生石榴石橄榄岩中的石榴石。现将其研究结果介绍如下。

一、地 质 概 况

样品采自大别山混杂岩带^[2]中两个榴辉岩——石榴石橄榄岩伴生岩体。一为碧溪岭岩体, 以榴辉岩为主体, 石榴石橄榄岩呈条带状或透镜状分布于榴辉岩中, 面分布约占10%。榴辉岩与石榴石橄榄岩之间, 界限清晰。岩体面积约0.7平方公里, 围岩为大别群程家河组白云斜长(二长)片麻岩。另一岩体为南山岭岩体, 以石榴石橄榄岩为主, 榴辉岩呈条带状或透镜状分布于石榴石橄榄岩中, 面分布约5~10%, 围岩为大别群桥岭组白云斜长片麻岩, 岩体面积约0.0075平方公里。

榴辉岩主要由石榴石、单斜辉石(多为绿辉石)、石英和金红石组成, 并含少量的斜方辉石、蓝晶石、白云母和角闪石等, 具中粗粒花岗变晶结构。石榴石橄榄岩主要由橄榄石、单

1988年10月20日收到初稿。1989年1月28日收到修改稿。

表1 大别山混杂岩中石榴石的电子探针分析结果

样品号	碧溪岭岩体榴辉岩										碧溪岭岩体石榴石微带出		南山岭岩体榴辉岩		南山岭岩体石榴石微带出	
	Y ₈ -2-Ct	-3-Ct-13-Ct	-19-Ct	-29-Ct	-31-Ct	-37-Ct	-41-Ct	-43-Ct	-18-Ct	-6-Ct-17-Ct	-28-Ct	34-Ct	-90-Ct-94-Ct	-94-Ct-96-Ct	-96-Ct-98-Ct	-98-Ct-100-Ct
SiO ₂	39.12	40.91	41.08	42.46	41.18	41.56	42.33	40.09	39.05	39.34	41.68	41.86	41.40	41.90	39.52	39.59
TiO ₂	0.00	0.02	0.04	0.02	0.00	0.05	0.02	0.01	0.03	0.03	0.05	0.02	0.04	0.02	0.07	0.01
Al ₂ O ₃	22.45	22.65	22.63	23.69	22.53	23.29	23.54	21.55	21.58	21.73	22.17	21.12	21.99	22.43	22.25	22.18
FeO*	16.40	16.25	14.41	11.10	11.10	15.93	14.90	15.64	22.83	16.18	16.61	15.67	18.88	16.91	25.41	21.11
MnO	0.31	0.54	0.40	0.28	0.07	0.35	0.45	0.42	0.48	0.38	0.73	0.75	0.83	0.72	0.58	0.49
MgO	10.18	8.71	7.21	13.99	17.12	10.12	14.18	8.64	5.27	8.66	12.67	16.28	11.64	13.02	4.47	4.89
CaO	9.27	8.67	13.03	6.98	3.38	7.32	4.05	12.27	9.97	11.97	4.98	3.54	4.25	3.64	8.28	9.13
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.07	0.12	0.16	0.00	0.25	0.07	0.01	0.06	2.07	0.73	0.77	1.49	0.05	0.03
总和	98.03	98.76	98.87	98.64	98.54	98.62	98.72	98.69	98.22	98.36	100.96	99.97	99.80	100.13	100.52	100.43

以12个氧原子为基础的阳离子数

	碧溪岭岩体榴辉岩										碧溪岭岩体石榴石微带出		南山岭岩体榴辉岩		南山岭岩体石榴石微带出	
	Y ₈ -2-Ct	-3-Ct-13-Ct	-19-Ct	-29-Ct	-31-Ct	-37-Ct	-41-Ct	-43-Ct	-18-Ct	-6-Ct-17-Ct	-28-Ct	34-Ct	-90-Ct-94-Ct	-94-Ct-96-Ct	-96-Ct-98-Ct	-98-Ct-100-Ct
Si	3.001	3.082	3.083	3.094	3.025	3.009	3.080	3.048	3.036	3.011	3.053	3.068	3.085	3.079	3.044	3.071
Al ^{IV}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al ^{VI}	2.014	2.011	2.008	2.034	1.950	2.047	2.019	1.931	1.977	1.960	1.914	1.824	1.931	1.942	2.020	1.954
Ti	0.000	0.001	0.002	0.001	0.000	0.003	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.001	0.002	0.001	0.004	0.001
Fe ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	0.000	0.006	0.064	0.020	0.035	0.000	0.193	0.021	0.000	0.000	0.000
Fe ²⁺	1.044	1.024	0.907	0.576	0.826	0.953	0.907	0.830	1.464	1.001	1.017	0.828	1.155	1.039	1.036	1.550
Mn	0.020	0.034	0.026	0.017	0.004	0.022	0.028	0.027	0.032	0.025	0.043	0.047	0.052	0.045	0.038	0.032
Mg	1.156	0.978	0.809	1.520	1.875	1.125	1.538	0.979	0.611	0.988	1.384	1.779	1.293	1.476	0.512	0.560
Ca	0.756	0.780	1.051	0.545	0.266	0.585	0.316	0.999	0.830	0.981	0.391	0.278	0.339	0.287	0.693	0.752
Cr	0.000	0.000	0.004	0.010	0.009	0.000	0.014	0.004	0.001	0.004	0.120	0.012	0.045	0.087	0.003	0.002
总和	7.901	7.910	7.900	7.897	7.995	7.874	7.903	7.983	7.973	8.007	7.927	8.000	7.923	7.924	7.951	7.908

石榴石端员组成百分含量

样品号	碧溪岭岩体榴辉岩										碧溪岭岩体石榴石微带出		南山岭岩体榴辉岩		南山岭岩体石榴石微带出	
	Y ₈ -2-Ct	-3-Ct-13-Ct	-19-Ct	-29-Ct	-31-Ct	-37-Ct	-41-Ct	-43-Ct	-18-Ct	-6-Ct-17-Ct	-28-Ct	34-Ct	-90-Ct-94-Ct	-94-Ct-96-Ct	-96-Ct-98-Ct	-98-Ct-100-Ct
镁石榴石	38.8	34.7	29.0	55.1	63.1	41.3	55.2	83.4	20.8	33.0	48.8	60.7	45.5	51.0	17.9	19.4
铁石榴石	35.1	36.3	32.5	24.5	27.8	36.4	32.5	31.7	49.8	33.4	35.9	28.2	10.7	37.2	57.0	53.6
锰石榴石	0.7	1.2	0.9	0.6	0.1	0.8	1.0	0.9	1.1	0.8	1.6	1.6	1.8	1.6	1.3	1.1
钙石榴石	25.4	27.7	37.3	19.4	6.5	21.3	10.5	30.6	27.1	30.8	7.6	0.7	8.5	5.9	23.4	25.9
钙铁石榴石	0.0	0.1	0.1	0.1	2.0	0.1	0.1	3.2	1.1	1.8	0.1	6.7	1.2	0.1	0.2	0.0
钙铬榴石	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	0.0	0.7	0.2	0.0	0.2	6.0	0.7	2.3	4.3	0.2	0.1

斜辉石、石榴石和含铬磁铁矿组成,局部含有斜方辉石,具细粒变晶结构。

二、矿物化学

12个榴辉岩中的石榴石和6个石榴石橄榄岩中的石榴石的电子探针分析结果列表1中。同时列出了以12个氧原子为基础的阳离子数和端员组分百分含量。

从表中可以看出,碧溪岭岩体榴辉岩中的石榴石成份变化较大,其镁铝榴石(Pyr)端员组成为21~63%。南山岭岩体榴辉岩中的石榴石的镁铝榴石端员组成为17—19%。碧溪岭和南山岭两地石榴石橄榄岩中石榴石的端员组成相近,均为45—61%。从表1中还可以看出,石榴石中 Al^{IV} 很低,接近于零,推测其为高压成因的产物。

随着石榴石中镁铝榴石端员组分百分含量的增大,石榴石中的 Cr_2O_3 含量也逐渐增加。

1965年,R·G·科尔曼等^[4]根据特勒格汇编的石榴石的化学分析资料进行研究时指出,榴辉岩中石榴石的化学成分与榴辉岩的地质背景有关,并将榴辉岩划分为三类:A类:金伯利岩或玄武岩中的包体及超基性层状体中的榴辉岩;B类:在混合片麻岩中呈夹层或透镜状的榴辉岩;C类:在阿尔卑斯型变质带中的夹层或透镜状榴辉岩。他认为,A类榴辉岩中石榴石的镁铝榴石分子将超过55%;B类榴辉岩为30~55%;C类榴辉岩小于30%,且从A类到C类,Ca/Mg²⁺比值逐渐增加。将大别山地区与石榴石橄榄岩相伴生的榴辉岩中的石榴石的端员组成投影于科氏的判别图(图1)中可见,石榴石的分布从A类连续过渡变化到C类。石榴石中镁铝榴石的端员百分组成与寄主岩的Mg/Fe²⁺比值呈正相关关系,所以石榴石中镁铝榴石组分的含量由寄主岩的成分所决定,而与其成因无关。

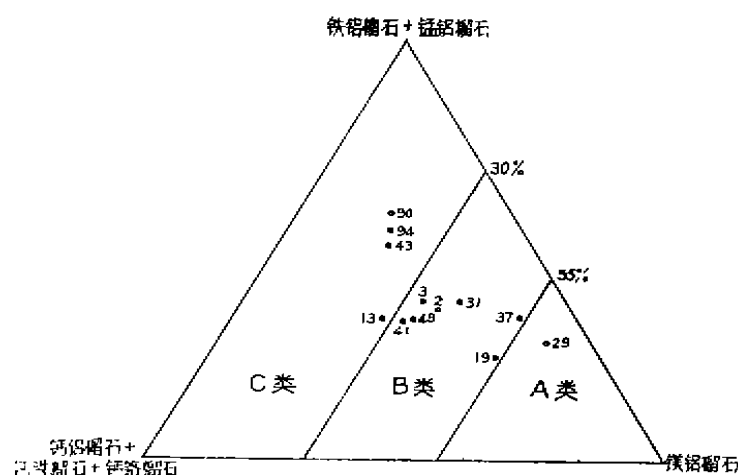


图1 大别山混杂岩中石榴石端员组成图解(据R. G. Coleman, et al, 1965)

从柏林等^[3]通过对世界范围的榴辉岩中的石榴石组成的考察,提出了依据石榴石中的Ca对 $Mg/(Mg + Fe^{2+} + Mn)$ 值做图,来区别榴辉岩的成因类型。从将大别山地区与石榴石橄榄岩伴生的榴辉岩中石榴石的Ca和 $Mg/(Mg + Fe^{2+} + Mn)$ 值投影于从氏的判别图(图2)中,可见,大部分样品投影于ZC线以上,少数样品在ZC线以下。ZC线以上的样品,其镁铝榴

石端员含量较高, ZC线以下样品的铁铝榴石端员含量较高, 推测其来源: 于地幔和地壳之间。

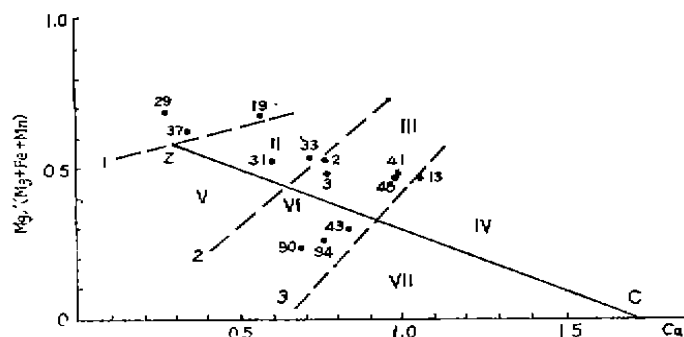


图2 大别山混杂岩中石榴石成因判别图解(据从柏林等, 1977)

在石榴石橄榄岩中有较高含量的石榴石(10—20%), 且含较高的铝, 可能为玄武岩分异后的变异产物。

三、晶胞参数

我们利用X射线粉晶测定了8个石榴石的晶胞参数, 列于表2中。

表2 石榴石晶胞参数测定结果

产 状	样 品 号	a_0	Mg	Ca
榴 辉 岩	yx ₆ -3	11.6037	0.978	0.780
	-13	11.5911	0.809	1.051
	-31	11.5804	1.123	0.583
	-37	11.5357	1.538	0.316
	-90	11.6039	0.513	0.683
	-94	11.6099	0.560	0.752
石榴石橄榄岩	-6	11.5461	1.384	0.391
	-34	11.5372	1.426	0.287

石榴石的晶胞大小, 主要决定于 L_6^3 方向上的离子半径, a_0 随阳离子半径增大而增加, 因此, Mg的含量与 a_0 成负相关; Ca^{2+} 与 a_0 为正相关(图3)。

四、稀 土 元 素

我们利用仪器中子活化分析了大别山混杂岩带中石榴石的稀土元素和微量元素。样品在重水反应堆内辐照15小时, 中子通量为 6.8×10^{13} 中子/秒·[厘米]²。首先将样品冷却7天, 测量了Sm、Na、Ca、Ln、Yb、Sb、La。冷却一个月后测量了Sc、Cr、Fe、Zn、Co、Eu、Tb、Hf、Sr。冷却二个月后测量了Tm、Gd。Dr采用短分析获得, 辐照时间30秒, 中子通量为 1×10^{13} 中子/秒·[厘米]², 但分析精度不高, 分析标准误差达30%。由于样品中

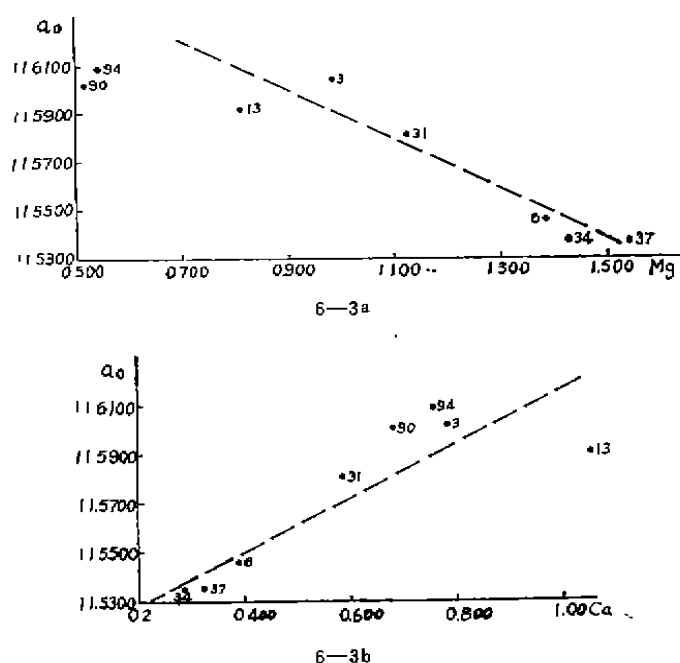


图 3 石榴石的晶胞参数 a_0 与其阳离子数(Mg、Ca)相关性图解
a 为 a_0 与Mg呈负相关图解 b 为 a_0 与Ca呈正相关图解

Tm、Gd含量很低,它们的 γ 射线能量也很低(84, 103keV),且样品中Sc、Fe、Co等长半衰期核素的含量又很高,因此在第三次测量时未能测出Tm、Gd的含量。分析标样采用国际标准样AGV-1、玄武岩标样USGS-BCR-1、煤飞灰1633A。除Dr之外,其它稀土元素的分析标准误差均小于10%。分析结果列于表3中。其稀土元素球粒陨石标准化模式见图4。

表 3 石榴石中的微量元素仪器中子活化分析结果

样 品 号	元 素	Mg (%)	V	Al (%)	Mn	Na	Ca (%)	Sm	Lu	Cr	Yb	Sb	Sc	Zn	Co	La	Eu	Tb
yx-19		9.36	18.9	11.1	1400	563	4.64	0.718	0.146	201	0.964	0.224	14.5	73	88.9	0.183	0.541	0.2
-34		8.74	50.4	10.3	4230	321	2.83	0.604	0.247	9450	1.65	0.164	43.4	40	51.8	0.117	0.478	0.4
-94		2.83	343.0	11.7	2890	620	5.21	1.610	0.333	60	1.99	0.367	60.9	81	58.2	0.180	1.280	0.9
-96		7.29	69.0	9.5	4940	332	3.20	0.567	0.081	6360	0.785	0.847	50.7	17	42.6	0.338	0.370	0.2

从表3和图4中可以看出,碧溪岭榴辉岩中石榴石的稀土元素总量(不含Y,下同)为9 ppm, $(La/Yb)_N = 0.13$, Eu为正异常,稀土元素配分模式为重稀土富集型;石榴石橄榄岩中石榴石的稀土元素总量为12 ppm, $(La/Yb)_N = 0.05$,重稀土元素富集程度大于榴辉岩的石榴石。南山岭榴辉岩中石榴石的稀土元素总量为29 ppm,高于碧溪岭榴辉岩中的石榴石, $(La/Yb)_N = 0.40$;石榴石橄榄岩中石榴石的稀土总量为9 ppm, $(La/Yb)_N$ 为0.29。石榴石的稀土元素球粒陨石标准化模式基本相似。

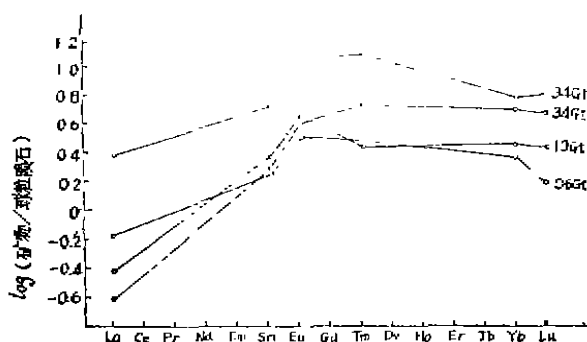


图4 石榴石的稀土元素球粒陨石标准化模式图

结 论

1) 大别山地区混杂岩中石榴石成份变化较大,从较富铁的石榴石到较富镁的石榴石均有分布。在从柏林等的判别图式上位于地幔成因和地壳成因,推测来源于地壳——地幔边界层。石榴石橄榄岩中的石榴石为较富镁的石榴石。

2) 榴辉岩和石榴石橄榄岩中的石榴石的镁铝榴石组分含量与全岩的 Mg/Fe 比值成正比,并受控于全岩的化学组成。

3) 榴辉岩和石榴石橄榄岩中石榴石的晶胞参数 a_0 与石榴石的 Fe^{2+} 、 Mg 、 Al 含量成负相关,与 Ca^{2+} 的含量成正相关。

4) 榴辉岩和石榴石橄榄岩中石榴石的稀土元素含量较低,为9—29ppm,均为重稀土富集型,石榴石之间的稀土元素配分模式的相似性表明,榴辉岩和石榴石橄榄岩之间存在密切的成因联系。

参 考 文 献

- [1] 谢宝克等,1983,大别山地区榴辉岩的特征矿物研究,岩石矿物及测试,2(2),87—97。
- [2] 韩宗珠,1988,胶东—苏北—大别山榴辉岩—石榴石橄榄岩带及其地质意义,地质科技通报,第8期,50—51。
- [3] 从柏林,张雯华,1977,榴辉岩中的石榴石,科学通报,413—416。
- [4] Coleman, R.G., et al, 1965. Eclogites and eclogites, their differences and similarities. Geological Society of American Bull., V76, 483—508.

GARNET IN THE HYBRID ROCK ZONE OF DABIESHAN MOUNTAIN AREA

Han Zongzhu

(Department of Marine Geology, Ocean University of QingDao)

Yuan Qilin

(Institute of Geochemistry, Academia Sinica)

Sheng Xingtu

(Institute of Test and Utilization of Minerals Resources, HuNan)

Ni Bangfa

(Atomic Energy Institute of China)

Abstract

Garnet in the hybrid rock zone of Dabieshan mountain area is analysed with X diffraction, electronprobe and instrumental neutron activation analysis methods and the results are presented in this paper.