

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

中国大陆科学钻探主孔榴辉岩中重晶石的发现及其意义

杨红¹⁾, 张立飞¹⁾, 刘福来²⁾

1) 教育部造山带与地壳演化重点实验室, 北京大学地球与空间科学学院, 100871

2) 中国地质科学院地质研究所大陆动力学实验室, 北京, 100037

内容提要:在中国大陆科学钻探主孔榴辉岩中发现了重晶石。重晶石以包裹体形式保存在石榴子石中, 多为浑圆状, 表面积平均约 $250\ \mu\text{m}^2$ 。通过电子探针测试, 重晶石中 SrO 含量大多超过20%, 为锶重晶石, 其化学分子式为 $(\text{Ba}_{0.4836}\sim 0.6180}\text{Sr}_{0.3787}\sim 0.4722}\text{Ca}_{0.0064}\sim 0.0889})\text{S}_{0.9688}\sim 0.9963}\text{O}_4$ 。同时还发现榴辉岩中的石榴子石有柯石英假象, 温压条件计算表明该榴辉岩的峰期温压条件为 $696\sim 730^\circ\text{C}$, $2.9\sim 3.2\ \text{GPa}$ 。电子探针成分测定包裹这些重晶石的石榴子石为峰期变质矿物, 这进一步说明重晶石也经历过超高压变质。重晶石通常形成于强氧化和高盐度流体作用的条件下, 本文的研究表明超高压变质过程中至少出现了一定范围内的强氧化环境和高盐度流体作用, 但其地球动力学意义有待进一步研究。

关键词: 中国大陆科学钻探 (CCSD); 榴辉岩; 重晶石; 超高压变质

中国大陆科学钻探 (CCSD) 主孔位于江苏省东海县毛北村附近, 孔区在构造上处在苏鲁超高压变质带的西南端。大别—苏鲁超高压变质带是目前世界上已知最大的超高压变质带 (Cong et al., 1996; Liou et al., 2001; Liu et al., 2004; 张泽明等, 2004), 多数学者认为, 这一巨型超高压变质带主要是在三叠纪 (250~220 Ma) 扬子克拉通向北深俯冲并与华北克拉通碰撞的结果。我们在采取大陆科钻主孔0~2000 m 岩心若干样品进行研究的过程中, 于193 m 深处的榴辉岩样品中发现了重晶石矿物, 且作为包裹体存在于石榴子石中。通常认为, 重晶石矿物多形成于常温常压条件下的表生沉积岩和低温热液矿脉中 (Deer et al., 1997)。在海水的颗粒物、沉降物和现代海洋沉积物中也广泛存在生物成因的重晶石 (Bishop, 1988; Bertram et al., 1997)。重晶石做为变质矿物曾在变质碳酸盐岩中发现 (Boundy et al., 2002)。刘景波等 (2000) 在大别山超高压变质带片麻岩的锆石中曾报道有重晶石包体, 并在同一颗锆石中发现有柯石英。但本文研究的榴辉岩中发现的重晶石作为主期变质矿物尚属首次。

1 样品采集与测试方法

CCSD 主孔0~2000 m 岩心的主要岩石类型为

榴辉岩、斜长角闪岩、副片麻岩、正片麻岩, 我们采集的研究样品为榴辉岩。重晶石发现于主孔193 m 处的含黄铁矿多硅白云母金红石榴辉岩中 (薄片号 B51R49P1cl) (图1)。其上邻层为角闪石化榴辉岩,

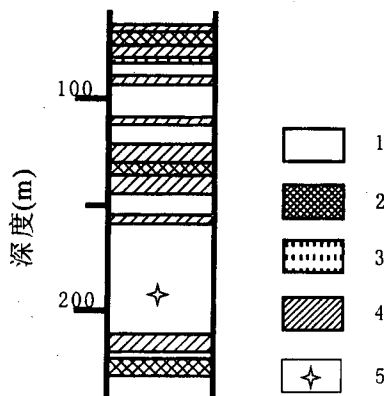


图1 大陆钻探主孔岩心含重晶石榴辉岩取样位置简图
(据张泽明等, 2004)

Fig. 1 Sample location of the UHP barite-bearing eclogite from the main borehole core of CCSD
(modified from Zhang et al., 2004)

1—榴辉岩; 2—斜长角闪岩; 3—金红石榴辉岩; 4—副片麻岩;
5—所研究重晶石发现位置
1—Eclogite; 2—amphibolite; 3—rutile eclogite; 4—paragneiss;
5—barite location

注: 本文为国家自然科学基金重大项目 (编号 40399143) 和国家自然科学基金项目 (编号 40325005) 资助成果。

收稿日期: 2006-10-20; 改回日期: 2006-11-09; 责任编辑: 周健。

作者简介: 杨红, 女, 1984年生。现为北京大学地球与空间科学学院硕士研究生。Email: yang-pku@126.com。

下邻层为角闪石化多硅白云母榴辉岩。

本次电子探针分析在北京大学电子探针实验室完成,仪器型号 JXA-8100,加速电压 20 kV,束流 1×10^{-8} A,束斑 $1 \mu\text{m}$ 。

2 岩石学特征

含重晶石榴辉岩样品具有部分退变质的含多硅白云母金红石榴辉岩。岩石中矿物组合为石榴子石($\sim 35\%$)+绿辉石($\sim 30\%$)+单斜辉石($\sim 10\%$)+钠长石($\sim 10\%$)+石英($\sim 7\%$)+金红石($\sim 3\%$)+角闪石(3%)+多硅白云母($1\% \sim 2\%$),此外还出现少量的黄铁矿、黄铜矿、钛铁矿、锆石等。样品榴辉岩整体具有较强的面理,几种矿物都有不同程度的拉长(图2a),石榴子石、绿辉石、金红石、白云母延伸方向基本一致。多数绿辉石边部退变为单斜辉石和钠

长石组成的后成合晶(图2b),石榴子石边部也有一小圈退变质形成的角闪石冠状体(图2c),部分白云母则为黑云母+钠长石组成的后成合晶部分或全部替代(图2b)。尤为重要的是,研究样品中出现明显的柯世英假象(图2d),表明榴辉岩经历了超高压变质作用。

3 峰期变质温压条件的估算

石榴子石-绿辉石-多硅白云母矿物组合可以进行峰期变质温压条件计算,其矿物对成分见表1。石榴子石主要由铁铝榴石(Alm)、钙铝榴石(Grs)和镁铝榴石(Prp)分子组成,锰铝榴石(Sps)分子的含量很少,其成分可以简写为 $\text{Alm}_{50 \sim 53} \text{Grs}_{25 \sim 30} \text{Prp}_{18 \sim 20} \text{Sps}_{1.3 \sim 1.4}$ (图3)。峰期绿辉石中硬玉组分含量介于 $45\% \sim 48\%$,其他端元的成分变化也不大(图4)。多

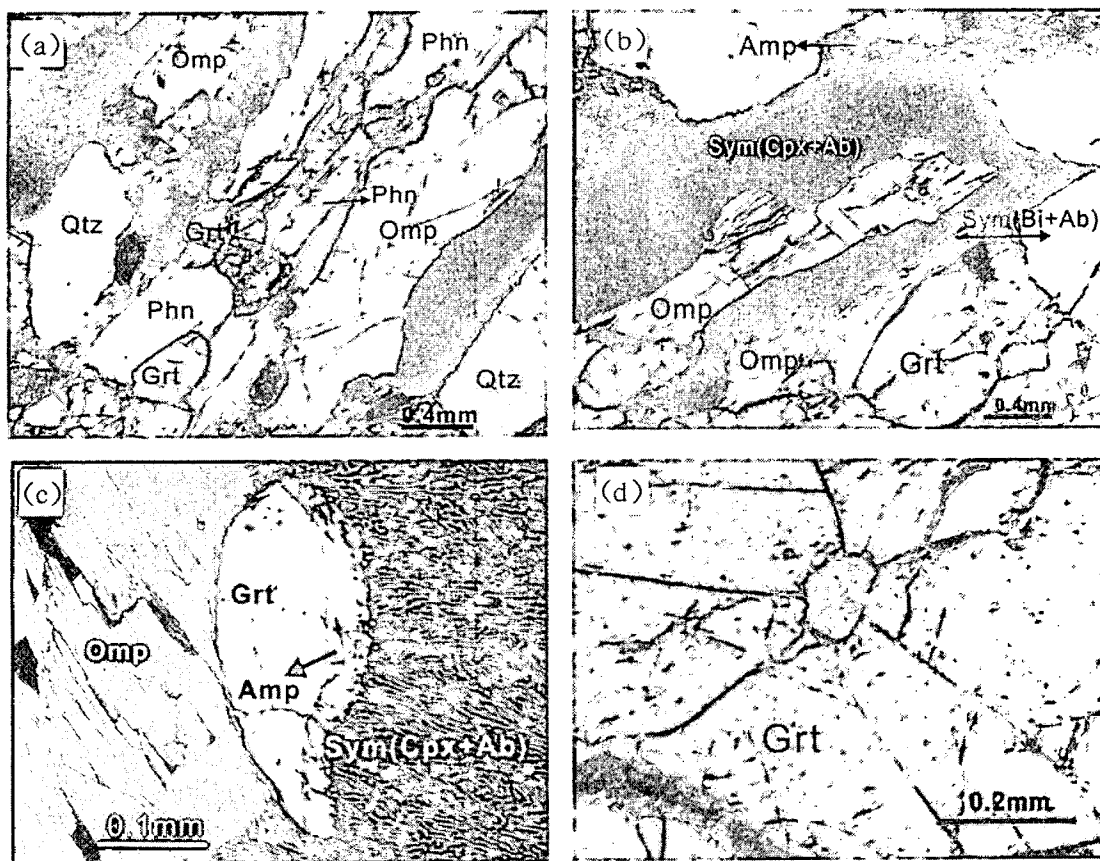


图 2 含重晶石榴辉岩的主要岩石学特征显微结构照片

Fig. 2 The main petrography of the barite-bearing eclogite reflected by the micrographs

(a) 石榴子石、绿辉石、多硅白云母共生矿物组合(单偏光);(b) 两种后成合晶(单偏光);(c) 石榴子石的冠状体(正交偏光);(d) 柯石英假象(单偏光);Grt—石榴子石;Omp—绿辉石;Phn—多硅白云母;Qtz—石英;Sym—后成合晶;Cpx—单斜辉石;Ab—钠长石;Bi—黑云母;Amp—角闪石

(a)—The associated mineral assemblage of garnet, omphacite and phengite; (b)—two types of symplectite; (c)—coronas of garnet; (d)—quartz pseudomorph after coesite in garnet; Grt—garnet; Omp—omphacite; Phn—phengite; Qtz—quartz; Sym—symplectite; Cpx—clinopyroxene; Ab—albite; Bi—biotite; Amp—amphibole

表 1 榴辉岩(B51)中石榴子石-绿辉石-多硅白云母矿物组合的电子探针分析(%)

Table 1 Microprobe analyses (%) of the garnet-omphacite-phengite mineral association in the studied eclogite

分析号	B51-1	B51-2	B51-3	B51-4	B51-5	B51-1	B51-2	B51-3	B51-4	B51-5	B51-1	B51-2	B51-3	B51-4	B51-5
矿物	Grt1	Grt2	Grt3	Grt4	Grt5	Omp1	Omp2	Omp3	Omp4	Omp5	Phn1	Phn2	Phn3	Phn4	Phn5
SiO ₂	38.68	38.65	38.71	38.37	38.40	56.18	55.93	56.23	56.20	56.03	52.91	52.45	53.31	54.09	55.00
TiO ₂	0.06	0.06	0.07	0.07	0.05	0.05	0.10	0.08	0.02	0.07	0.48	0.39	0.42	0.39	0.42
Al ₂ O ₃	21.72	21.79	21.60	21.76	21.97	11.33	11.29	11.41	11.60	11.42	22.50	23.66	24.32	23.74	22.58
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.08	0.07	0.01	0.05
FeO	22.57	23.33	25.43	23.25	23.62	5.77	5.72	5.93	5.43	5.46	2.77	2.35	2.84	2.70	2.89
MnO	0.59	0.64	0.59	0.62	0.60	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.05	0.04	0.00	0.08	0.02
NiO	0.00	0.04	0.02	0.00	0.03	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.06	0.01	0.00	0.01	0.00
MgO	5.03	4.64	4.53	4.74	4.21	6.95	6.92	6.84	6.95	7.13	4.75	4.16	4.44	4.48	4.92
CaO	10.25	11.11	10.33	10.54	10.71	11.25	11.33	10.83	10.74	11.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O	0.07	0.03	0.05	0.04	0.09	8.45	8.31	8.35	8.59	8.41	0.33	0.28	0.24	0.45	0.23
K ₂ O	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.02	10.99	10.97	10.51	10.47	10.45
Total	98.99	100.29	101.33	99.43	99.71	99.99	99.73	99.68	99.55	99.61	94.86	94.39	96.15	96.41	96.56
Si	3.025	2.994	2.981	2.996	2.996	1.985	1.964	1.996	1.990	1.985	7.134	7.084	7.054	7.131	7.234
Ti	0.004	0.003	0.004	0.004	0.003	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.049	0.040	0.042	0.039	0.042
Al	2.000	1.987	1.959	2.001	2.019	0.472	0.470	0.477	0.484	0.476	3.573	3.763	3.790	3.686	3.497
Cr	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.009	0.007	0.001	0.005
Fe ³⁺	0.000	0.017	0.073	0.000	0.000	0.133	0.000	0.101	0.125	0.126	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ²⁺	1.476	1.494	1.565	1.518	1.541	0.038	0.172	0.075	0.036	0.036	0.312	0.265	0.314	0.298	0.318
Mn	0.039	0.042	0.038	0.041	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.006	0.005	0.000	0.009	0.002
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.060	0.010	0.000	0.010	0.000
Mg	0.586	0.536	0.520	0.552	0.490	0.366	0.368	0.362	0.367	0.377	0.955	0.838	0.876	0.880	0.965
Ca	0.859	0.922	0.852	0.882	0.895	0.426	0.417	0.412	0.407	0.418	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.011	0.005	0.007	0.006	0.014	0.579	0.605	0.575	0.590	0.578	0.086	0.073	0.062	0.115	0.059
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	1.890	1.890	1.774	1.761	1.753
Sum	8.000	8.000	7.999	8.001	8.000	4.000	4.000	4.000	4.001	4.001	14.067	13.977	13.919	13.930	13.875

注:Grt—石榴子石,以12个氧计算;Omp—绿辉石,以6个氧计算,Fe³⁺以电价平衡的方法计算;Phn—多硅白云母,以24个氧计算。

硅白云母分子式中的 Si 原子个数超过6,在7.1左右 (O 原子数为24)。

在运用石榴子石、绿辉石、多硅白云母矿物组合进行峰期变质温压计算时,我们用 Green 等(1982)的石榴子石-多硅白云母温度计和 Waters 等(1993)

的石榴子石-单斜辉石-多硅白云母压力计(简称 GH&WM 93)进行联合求解。

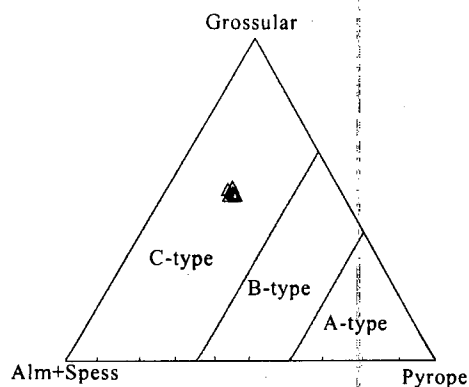


图 3 峰期变质石榴子石化学成分图解

Fig. 3 Diagram of the chemical compositions of the peak metamorphic garnet

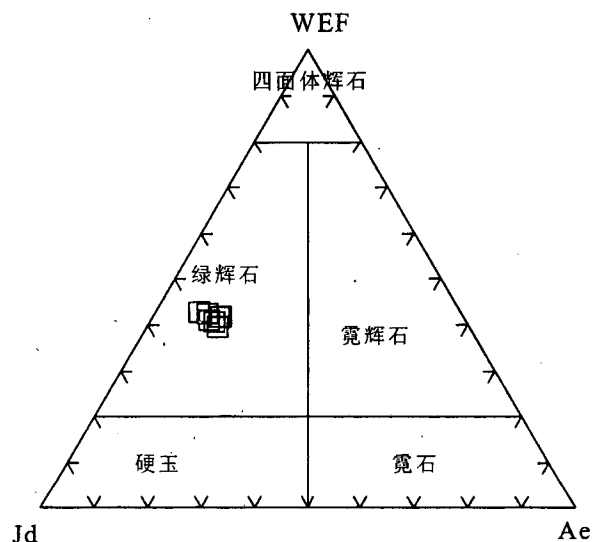


图 4 峰期变质绿辉石的化学组成图解

Fig. 4 Diagram of the chemical compositions of the peak metamorphic omphacite

在超高压榴辉岩中运用石榴子石-多硅白云母温度计(Green et al., 1982)计算峰期温度是可行的,它不受硬玉成分的影响;关于温度计首先考虑到的是 Ravna(2000)版本,由于其适用范围为绿辉石中 $X_{Na} < 0.51$,而本样品钠的摩尔含量 X_{Na} 约为 0.58,不符合条件,所以此温度计不予考虑。本样品绿辉石中硬玉的摩尔含量 X_{Jd} 介于 0.46~0.47,为 0.50 左右,在压力计方面运用 Waters 等(1993)版本是可行的(陈意等,2005)。联合求解出 p, t 范围分别

表 2 根据石榴子石-绿辉石-多硅白云母矿物组合获得的峰期变质温压数据列表

Table 2 The calculated peak metamorphic pressure and temperature based on the assemblage of Grt-Omp-Phn

矿物对	B51-1	B51-2	B51-3	B51-4	B51-5
X_{Na}	0.58	0.57	0.58	0.59	0.58
X_{Jd}	0.46	0.46	0.47	0.47	0.46
$\ln K$	5.64	6.27	6.36	6.03	5.49
$\ln K_D$	2.04	2.18	2.15	2.10	2.26
$p_{WM}(\text{GPa})$	3.16	2.97	2.94	3.04	3.19
$t_{GH}(\text{C})$	730.08	707.96	713.09	720.95	696.21

注: X_{Na} —绿辉石 Na 的摩尔含量; X_{Jd} —绿辉石中硬玉的摩尔含量; p_{WM} 据 Waters 等(1993)计算; t_{GH} 据 Green 等(1982)计算。

为 2.9~3.2 GPa, 696~730°C(表2), 计算出的结果与前人总结的温压结果(700~800°C, 3.0~4.0 GPa)(张泽明等, 2005)基本是一致的。

4 石榴子石中的重晶石包裹体

重晶石主要以包裹体形式出现在石榴子石中(图5), 多为浑圆状, 表面积平均约 250 μm^2 。重晶石可发生 Ba 与 Sr 的完全类质同象替代, 石榴子石中的重晶石包裹体电子探针化学成分分析见表3。其化学分子式为 $(\text{Ba}_{0.4836 \sim 0.6180} \text{Sr}_{0.3787 \sim 0.4722} \text{Ca}_{0.0064 \sim 0.0889}) \text{S}_{0.9688 \sim 0.9963} \text{O}_4$ 。由表 3 可见重晶石中 Sr 含量很高, SrO 含量大多超过 20%。重晶石晶体化学式中的 Sr 原子个数在 0.42~0.48 之间(个别为 0.38), 此时的重晶石可称为锶重晶石。如此高的锶含量在以往报道的重晶石 Sr 含量统计中是少见的。

石榴子石中除了重晶石包体矿物外, 还发育有柯石英假象, 表明这些包体矿物和石榴子石都经历了超高压变质过程, 这也与上述榴辉岩峰期的温压条件计算是一致的。为了进一步验证, 我们做了以下的测试与比较: 运用电子探针均匀打点分析紧贴重晶石周围的石榴子石包裹边, 将所得的石榴子石矿

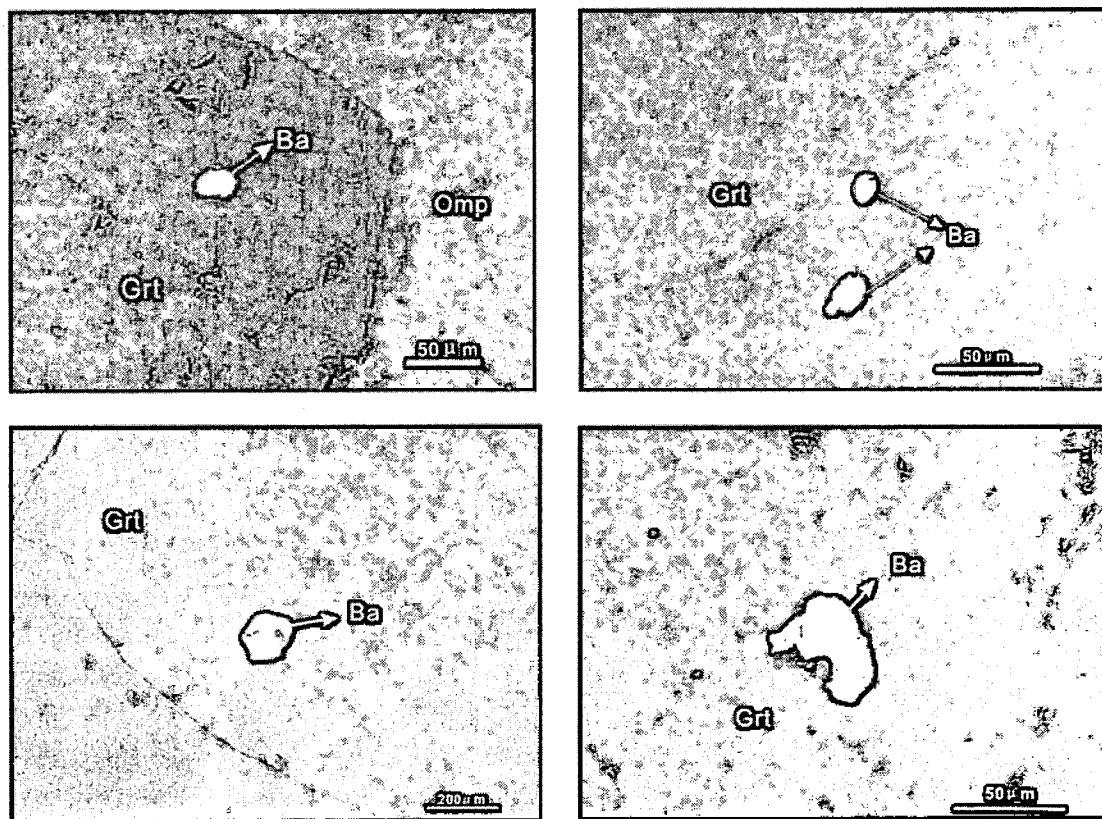


图 5 超高压榴辉岩石榴子石中重晶石包裹体的 BSE 图像

Fig. 5 The BSE images of barite inclusions within garnet in UHP eclogite

物分析数据与和绿辉石、多硅白云母共生的峰期变质石榴子石相比较,并在石榴子石成分三角图上投影,得到的两组投影点几乎完全重合(图6),说明石榴子石中的重晶石包体可能也经历了峰期超高压变质作用。

表 3 石榴子石中重晶石包裹体代表性电子探针分析(%)

Table 3 The representative electron-microprobe analyses (%) of barite included in garnet

样品/点号	B51/4.1	B51/4.2	B51/6.1	B51/6.2	B51.2/6
MnO	0.11	0.09	0.10	0.05	0.13
Na ₂ O	0.11	0.11	0.09	0.19	0.06
MgO	0.00	0.01	0.00	0.03	0.07
K ₂ O	0.04	0.03	0.02	0.05	0.01
FeO	0.55	0.55	1.01	1.14	0.72
SiO ₂	0.40	1.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	0.03	0.02	0.01	0.01	0.05
CaO	0.19	0.17	1.73	2.07	0.58
TiO ₂	0.05	0.09	0.02	0.16	0.09
NiO	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
SrO	18.31	20.53	21.44	22.73	21.93
SO ₃	36.59	36.46	38.74	35.44	37.10
BaO	44.21	40.60	37.90	38.15	40.25
Total	100.60	99.70	101.05	100.02	100.97
Cations, 以4个氧计算					
Mn	0.003	0.003	0.003	0.002	0.004
Na	0.008	0.008	0.006	0.013	0.004
Mg	0	0.001	0.000	0.000	0.000
K	0.002	0.001	0.001	0.002	0.000
Fe	0.016	0.016	0.029	0.034	0.021
Si	0.014	0.035	0.000	0.000	0.000
Al	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002
Ca	0.007	0.006	0.063	0.079	0.022
Ti	0.001	0.002	0.001	0.004	0.002
Ni	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
Sr	0.379	0.421	0.423	0.472	0.448
S	0.980	0.969	0.990	0.953	0.981
Ba	0.618	0.563	0.506	0.536	0.556
Total	2.029	2.029	2.022	2.098	2.044

5 地质意义探讨

在中国大陆科学钻探主孔含多硅白云母榴辉岩的石榴子石中发现了重晶石包裹体,重晶石作为包体矿物在超高压变质的榴辉岩中被发现这还是首次。重晶石成分中锶含量比较高,锶与钡的类质同象替代程度是否与压力有关尚待进一步研究。重晶石是典型的低温热液矿物,其成因可能与流体作用有关。刘景波等(2000)利用显微激光 Raman 在大别山超高压变质片麻岩的锆石颗粒中发现有重晶石相、硬石膏和柯石英矿物的包体,虽然无法测定电子探针成分,但 Raman 光谱分析给出了其重晶石的特征

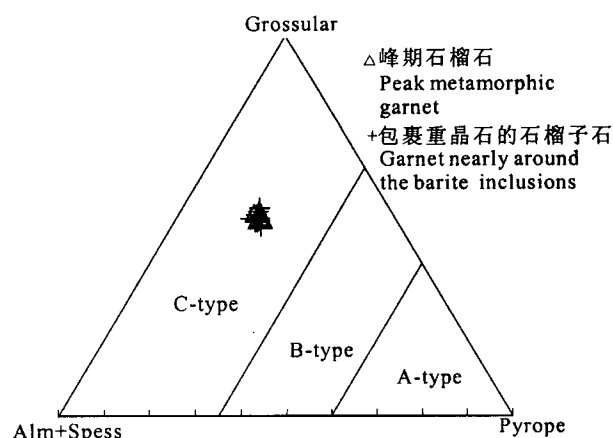


图 6 两组石榴子石在成分图解上的投影

Fig. 6 Two groups of garnets overlapped completely on the triangle of chemical compositions of garnet

峰。本文的研究进一步表明重晶石不但可以作为细小的包裹体保存在超高压变质的片麻岩锆石中,也可以作为主要的变质矿物出现在榴辉岩的峰期变质矿物中,表明重晶石可能是超高压变质矿物之一。另外重晶石的形成与高盐度的流体作用有关,这表明中国大陆科学钻孔中的榴辉岩超高压变质过程中存在一定规模的含高盐度的流体。近年来有关大别山超高压变质榴辉岩的流体包裹体、氢—氧同位素研究表明,榴辉岩在超高压变质峰期是以高盐度流体为特征,退变过程中则以低盐度流体为特征(Xiao et al., 2000, 2002)。本文的研究在超高压变质峰期矿物中发现重晶石,进一步证明了榴辉岩超高压变质峰期的流体是以高盐度为特征这一结论。超高压峰期变质矿物石榴子石中保存下来的重晶石包裹体至少让我们设想在超高压变质过程中有流体的加入,且流体中含有硫酸根。此外,重晶石是硫酸盐矿物,在矿物分子式中 S 是以最高价态(S^{6+})出现,说明重晶石是在强氧化条件下才能形成。在超高压变质的榴辉岩中作为主期变质矿物出现,说明在超高压变质地体中至少在一定范围内还存在有强氧化环境或者是强氧化流体的作用,这种强的氧化环境与地幔强还原环境是截然不同的,在超高压变质过程中是如何出现的及其可能的地球动力学意义都有待进一步研究。同时, Ba^{2+} 、 Sr^{2+} 以及 S 元素在形成重晶石之前和之后是以何种状态赋存的及其在壳幔循环过程中的意义都有待开展进一步研究工作。

致谢:感谢北京大学魏春景教授在本文研究方法方面给予的启发,电子探针实验室舒桂明老师在电子探针实验能谱分析时给与的帮助与指导。

参 考 文 献

- 陈意, 叶凯, 吴春明. 2005. 榴辉岩常用温压计在应用中应注意的问题. 岩石学报, 21(4): 1067~1080.
- 刘景波, 叶凯, 从柏林, 范宏瑞. 2000. 大别山超高压变质带片麻岩锆石中重晶石和硬石膏包裹体及其意义. 岩石学报, 16(4): 482~484.
- 张泽明, 许志勤, 刘福来, 游振东, 沈昆, 杨经绥, 李天福, 陈世忠. 2004. 中国大陆科学钻探工程主孔(100~2050 m)榴辉岩岩石学研究. 岩石学报, 20(1): 27~42.
- 张泽明, 张金凤, 游振东, 沈昆. 2005. 苏鲁造山带超高压变质作用及其 P-T-t 轨迹. 岩石学报, 21(2): 257~270.
- Bertram M A, Cowen J P. 1997. Morphological and compositional evidence for biotic precipitation of marine barite. *Journal of Marine Research*, 55(3): 577~593.
- Bishop J K B. 1988. The barite-opal-organic carbon association in oceanic particulate matter. *Nature*, 332(24): 341.
- Boundy T M, Donohue C L, Essene E J, Mezger K, Austrheim H. 2002. Discovery of eclogite facies carbonate rocks from the Linds Nappe, Caledonides, Western Norway. *Journal of Metamorphic Geology*, 20: 649~667.
- Cong B L, Zhang R Y, Liou J G, Ye K, Wang Q C. 1996. Metamorphic evolution of UHPM rocks. In: Cong B L, eds. *Ultrahigh-Pressure Metamorphic Rocks in the Dabie-Shan-Sulu Region of China*. Beijing: Science Press, 128~160.
- Deer W A, Howie R A, Zussman J. 1997. *Rock forming minerals*, 2nd Edition. London: Geological Society Publishing House.
- Green T H, Hellman P L. 1982. Fe-Mg partitioning between coexisting garnet and phengite at high pressure, and comments on a garnet-phengite geothermometer. *Lithos*, 15: 253~266.
- Liou J G, Maruyama S, Zhang R Y, Ogasawara Y. 2001. Current advance in the study of ultrahigh-pressure (UHP) metamorphism. UHPM Workshop 2001 at Waseda University, 56~60.
- Liu F, Xu Z, Liou J, Song B. 2004. SHRIMP U-Pb ages of ultrahigh-pressure and retrograde metamorphism of gneisses, south-western Sulu terrane, eastern China. *J. Metamorphism Geol.*, 22: 315~326.
- Ravna E K. 2000. The garnet-clinopyroxene Fe^{2+} -Mg geothermometer: an updated calibration. *Journal of Metamorphic Geology*, 18: 211~219.
- Waters D J, Martin H N. 1993. Geobarometry of phengite-bearing eclogites. *Terra Abstracts*, 5: 410~41.
- Xiao Y L, Hoefs J, Van Den Kerkhof A M, Fiebig J, Zheng Y F. 2000. Fluid history of UHP metamorphism in Dabie Shan, China: a fluid inclusion and oxygen isotope study on the coesite-bearing eclogite from Bixiling. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 139: 1~16.
- Xiao Y L, Hoefs J, Van Den Kerkhof A M, Fiebig J, Simon J, Fiebig J, Zheng Y F. 2002. Fluid evolution during HP and UHP metamorphism in Dabie Shan, China: Constraints from mineral chemistry, fluid inclusions and stable isotopes. *Journal of Petrology*, 43(8): 1505~1527.

Barite-Bearing UHP Eclogite from the Main Borehole Core of the Chinese Continental Scientific Drilling

YANG Hong¹⁾, ZHANG Lifei¹⁾, LIU Fulai²⁾

1) School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing, 100871

2) Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Science, Beijing, 100037

Abstract

Barite was found as inclusions in garnet of eclogite from the main borehole core of the Chinese Continental Scientific Drilling. The barite is nearly round in shape, and the little round only has the area of about $250 \mu\text{m}^2$ in average. The electron-microprobe (EMP) data indicates that the content of SrO is more than 20% in the barite, and it can be called strontium barite. Its chemical formula is $(\text{Ba}_{0.4836 \sim 0.6180} \text{Sr}_{0.3787 \sim 0.4722} \text{Ca}_{0.0064 \sim 0.0889}) \text{S}_{0.9688 \sim 0.9963} \text{O}_4$. The quartz pseudomorph after coesite has been found in garnet, and the calculated peak metamorphic P-T conditions are 2.9~3.2 GPa, 696~730 °C respectively. Synchronously, The EMP data indicates that the garnet which includes the barite was formed during the peak metamorphic progress, it is proved again that the barite underwent the UHP metamorphism. Barite is generally formed in the fluid process of high salinity and heavy oxidation. This study reflects that heavy-oxidation condition and high-salinity fluid process happened at least to a certain extent of rock during the UHP metamorphism, and its geodynamical significance needs further study.

Key words: Chinese Continental Scientific Drilling (CCSD); eclogite; barite; ultrahigh metamorphism