古气候变化可以划分为 66 个干冷_湿热气候阶段, 归纳为 33 个气候变化旋回.

从图 3 可以看出, 在过去 2.0 Ma 这个时段, 凤州剖面黄土_古土壤系列及磁化率记录的秦岭古气候变化与深海复合 $\delta^{18}O$ 曲线[8,9]记录的气候变化, 在波动频率和波动幅度上均具有较好的相似性. 从 0.8 Ma 以来, 黄土_古土壤层较厚, 磁化率值较高且变化幅度较大, 与 $\delta^{18}O$ 曲线反映的长周期, 大幅度的气候波动相一致; 在 0.8 Ma 以前, 土层较薄, 磁化率值较低且变化幅度较小, 与 $\delta^{18}O$ 曲线反映的短周期, 小幅度的气候波动相吻合. 因此, 0.8 Ma 前后是一个古气候变迁的转折点. 这个转折点在黄土高原西峰、宝鸡[10]等典型黄土剖面中也同样存在. 表明 0.8 Ma 以后古季风环流变化幅度比以前增大, 且变化周期增长. 由以上对比可知, 秦岭黄土_古土壤系列形成受全球气候变化的影响.

致谢 本工作为国家自然科学基金(批准号: 49472132)资助项目.

参 考 文 献

1 岳乐平, 薛祥煦. 中国黄土古地磁学. 北京: 地质出版社, 1996. 89~ 116
2 刘东生, 等. 黄土与环境. 北京: 科学出版社, 1985. 62~ 80
3 张宗祜, 张之一, 王芸生. 中国黄土. 北京: 地质出版社, 1989. 157~ 165
4 王永焱, 林在贯, 等. 中国黄土的结构特征及物理力学性质. 北京: 科学出版社, 1990. 94~ 98
5 雷祥义, 岳乐平, 屈红军. 秦岭北麓黄土沉积环境. 西北大学学报(自然科学版), 1990, 20(3): 79~ 90
6 岳乐平, 王焰, 屈红军. 中国黄土剖面蓝田正极性亚带之确认. 西北大学学报(自然科学版), 1990, 20(1): 97~ 112
7 Mankinen E A, Dalrymple G B. Revised geomagnetic polarity time scale for the interval, 0~ 5 MaBP. J Geophys Res, 1979, 84: 615~ 626
8 Williams D F, Thumell R C, Tappa E, et al. Chronology of the Pleistocene oxygen isotope record: 0~ 1.88 MaBP. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology, 1988, 64: 221~ 240
9 Rutter N W. 中国黄土和全球变化. 第四纪研究, 1992(1): 2~ 11
10 刘东生, 丁仲礼. 中国黄土研究新进展(二) ——古气候与全球变化. 第四纪研究, 1990(1): 1~ 9

(1997-06-18 收稿, 1997-11-19 收修改稿)

大别山东段超高压变质岩带蓝晶石石英岩中的白片岩组合

江来利 徐树桐 吴维平 刘贻灿 苏 文
(安徽省地质科学研究所, 合肥 230001)

摘要 大别山东段超高压变质岩带中的蓝晶石石英岩呈脉状出露在榴辉岩中, 主要由石英、蓝晶石、滑石、绿帘石组成, 含有白片岩的特征矿物组合, 与共生的榴辉岩一起经过温度 630 ℃左右, 压力(2 400 ±300) MPa 的榴辉岩相变质作用. 这种岩石以富 SiO_2 及含水矿物为特征, 其原岩可能是一种被榴辉岩相高压流体交代的细晶岩.

关键词 大别山 超高压 白片岩组合

白片岩是一种富镁的变质岩石, 其特征矿物组合为蓝晶石+ 滑石 ±石英. 它最早发现于

赞比亚, 后在阿富汗及西阿尔卑斯等地陆续发现[1~3]. 对这种岩石的矿物组成、稳定的 *P_T* 范围、野外及岩相学特征系统研究表明[1,2,4], 这是一种特殊的高压和超高压变质岩石, 并将含有蓝晶石+ 滑石 ±石英的岩石称为白片岩组合.

大别山超高压变质岩带具有丰富的岩石组合, 但迄今为止还没有发现确切的白片岩. 刘雅琴[5]把分布在宿松群中的含刚玉蓝晶石石英岩称作类白片岩, 但其矿物组合与白片岩相距甚远, 不具有同样的地质意义. 最近笔者在大别山东段安徽省太湖县花凉亭水库大坝北端与榴辉岩共生的蓝晶石石英岩中发现有白片岩中的特征矿物组合蓝晶石+ 滑石 + 石英, 它与共生的榴辉岩一起经过相同的榴辉岩相高压变质作用.

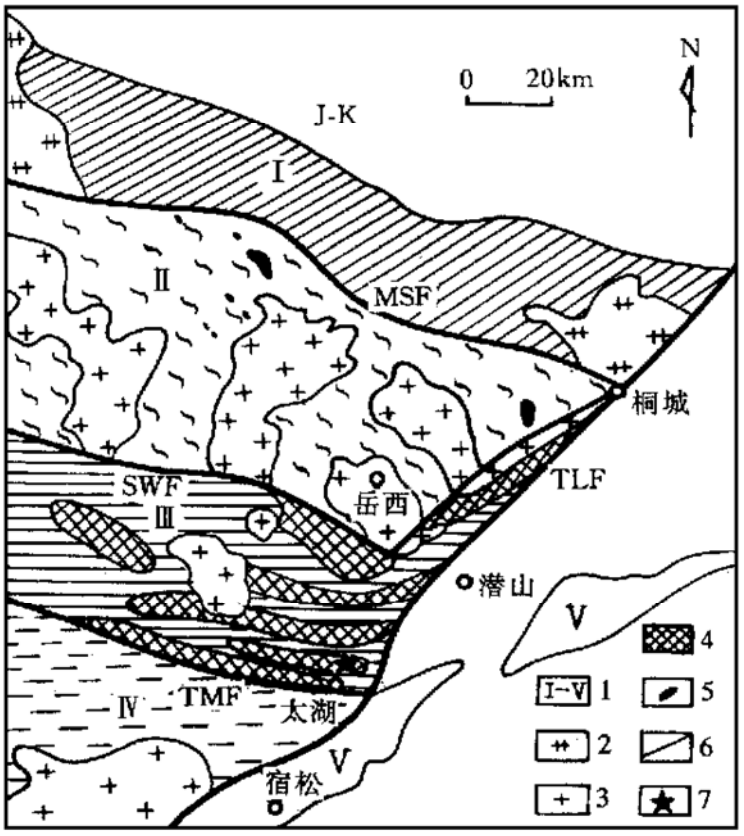

图 1 大别山构造岩石单位略图(据文献[8],[9])

1 为构造岩石单位: iv——佛子岭变质复理石带, ㈦——北大别变质杂岩带, ㈣——南大别超高压变质带, ㈤——宿松变质杂岩带, ㈨——前陆褶冲带; 2 为中生代碱性岩; 3 为中生代花岗岩; 4 为超高压变质岩; 5 为镁铁_超镁铁质岩; 6 为断裂: MXF_磨子潭_晓天断裂, SWF_水吼_五河断裂, TMF_太湖_马庙断裂, TLF_郯_庐断裂; 7 为蓝晶石石英岩出露位置

1 区域地质背景及地质产状

大别山是印支期中朝陆块和扬子陆块碰撞形成的造山带[6~9], 其中的构造岩石单位分布(图 1)显示出扬子陆块继大别古洋壳消减之后向北俯冲到中朝陆块之下、南北陆块碰撞的构造格局. 超高压变质岩带分布在大别山南部, 具有丰富的岩石组合, 其中的榴辉岩、石英硬玉岩、大理岩及酸性片麻岩中都保留有柯石英及其假象, 包裹在大理岩的榴辉岩内还发现有金刚石包体[10], 表明它们曾经过柯石英榴辉岩相超高压变质作用. 但并非这个带中的所有岩石都是超高压变质岩, 分布在这个带南侧的"冷"榴辉岩只经过石英榴辉岩相变质作用[11,12].

本文报道的蓝晶石石英岩出露在花凉亭水库大坝北端, 超高变质岩带南部的"冷"榴辉岩分布区. 蓝晶石石英岩呈褶皱的脉状出现在宽 40 m, 高 10 m 的块状榴辉岩中(图 2). 这个榴辉岩以含钠质闪石不含柯石英为特征, 其矿物组合与黄镇榴辉岩[12]相同. Okay[11]对它的矿物组合及 *P_T* 条件作过详细论述(表 1, 标本 272). 蓝晶石石英岩厚约 50 cm, 总体倾向西, 露头延伸 10 m 以上. 榴辉岩和蓝晶石石英岩作为一

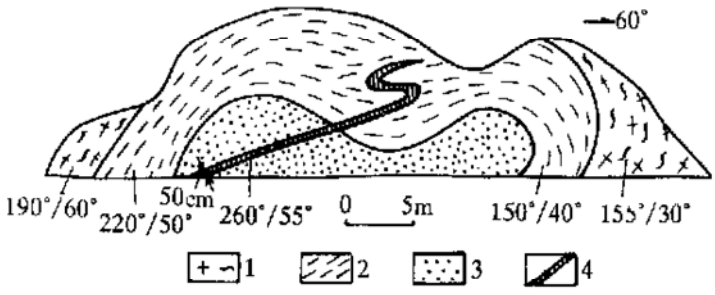

图 2 蓝晶石石英岩野外露头素描

1——酸性片麻岩, 2——榴闪岩, 3—— 榴辉岩, 4——蓝晶石石英岩

个整体分布在含磁铁矿的酸性片麻岩中. 酸性片麻岩的片麻理围绕榴辉岩弯曲, 与榴辉岩边部的面理产状基本一致.

表 1 主要特征矿物电子探针分析结果[a)]

矿物[b)]	Ky	Ky	Ky	Ky	Tlc	Tlc	Hb	Ep	Ep
样品	96801-2	96801_2	96801-2	96801-2	96801-2	96801-2	96801-2	96801-2	98801_2
序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO_2	36.05	35.46	36.82	63.50	63.77	62.17	47.71	38.92	39.88
TiO_2	0.02		0.04	0.02	0.01	0.01	0.37	0.07	0.43
Al_2O_3	63.22	64.70	62.33	0.46	0.70	0.49	11.00	26.64	28.41
FeO	0.51	0.56	0.74	2.01	1.93	1.80	10.15	9.59	7.13
MnO							0.09	0.22	0.05
MgO	0.02	0.01	0.02	29.06	29.39	30.56	15.53	0.20	0.17
CaO	0.02		0.02	0.04	0.03	0.07	11.99	22.80	23.87
Na_2O		0.01	0.03	0.09	0.11	0.15	1.61	0.01	
K_2O				0.03	0.02	0.01	0.01		
总量	99.84	100.74	100.00	95.21	95.96	95.26	98.46	98.45	99.94
O	5	5	5	11	11	11	23	25	25
Si	0.978	0.954	0.997	4.038	4.023	3.964	6.792	6.159	6.136
Ti	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.040	0.008	0.050
Al	2.021	2.052	1.990	0.034	0.052	0.037	1.846	4.968	5.153
Fe_3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe_2	0.012	0.013	0.017	0.107	0.102	0.096	1.208	1.269	0.918
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.029	0.007
Mg	0.001	0.000	0.001	2.755	2.764	2.905	3.296	0.047	0.039
Ca	0.001	0.000	0.001	0.003	0.002	0.005	1.829	3.866	3.936
Na	0.000	0.001	0.002	0.011	0.013	0.019	0.444	0.003	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.001	0.002	0.000	0.000
阳离子数	3.012	3.020	3.008	6.951	6.958	7.027	15.468	16.350	16.238

a) 南京大学现代分析测试中心测试; b) 矿物代号: Ky: 蓝晶石, Ab: 钠长石, Tlc: 滑石, Hb: 角闪石, Ep: 绿帘石

2 岩石学及矿物学特征

蓝晶石石英岩呈灰白色, 块状构造, 发育弱的片麻理, 细粒半自形粒状变晶结构. 岩石主要由石英(50%)、蓝晶石(15%)、绿帘石(20%)及滑石(5%)组成, 次要矿物有金红石、锆石及钛铁矿, 含有约 7% 的后成合晶, 偶尔有石榴石出现. 主要特征矿物的电子探针分析结果见表 1. 在薄片中, 滑石呈变斑晶出现在基质中, 因易于变形而具明显的扭曲, 解理沿(001)极完善, 干涉色达 3 级橙黄, 2 轴晶负光性, 2V 约 10°. 滑石中的 SiO_2 为 62.17%~63.77%, MgO 为29.05%~30.56%, FeO^* 为 1.8%~2.0%, 含少量 Al_2O_3. 滑石的边缘及裂隙常为富镁的角闪石交代(图 3); 蓝晶石呈板状, 一级灰_黄干涉色, 解理沿(100)完善, 沿(001)裂理常见,

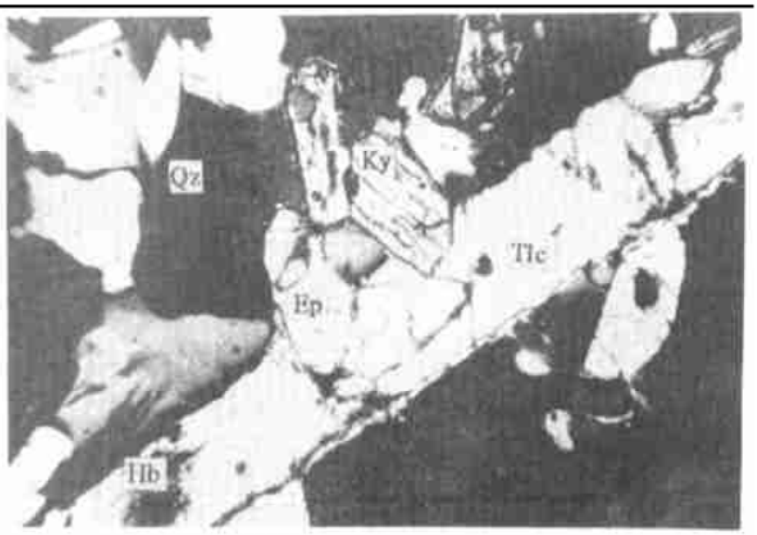

图 3 蓝晶石石英岩的显微照片

蓝晶石石英岩的矿物组合, 由滑石(Tlc)、蓝晶石(Ky)、绿帘石(Ep)和石英(Qz)组成. 滑石(Tlc)的左下侧为角闪石(Hb)所交代, 正交偏光, ×45

具正延长符号, 消光角(C^Ng) 为 30°. 但薄片中的大部分切面消光角较小, 甚至为平行消光. 蓝晶石具有较纯的端元组分, 只含少量 Fe_2O_3, 边缘常为细粒纳长石交代; 绿帘石在单偏光下无色, 高突起, 干涉色鲜艳而明亮, 2 轴晶负光性. 绿帘石含铁量高, 绿帘石端元组分为 15%~20%; 石英为不规则粒状, 具有明显的波状消光. 在薄片中, 蓝晶石、滑石、绿帘石及石英接触界线平直, 是一个明显的共生组合. 岩石中的后成合晶集合体具有柱状矿物的假象, 可能由早期的绿辉石退变而来.

3 原岩及峰期变质条件

蓝晶石石英岩的化学成分: SiO_2 81.38%, A_2O_3 11.06%, CaO 3.33%, FeO^* (全铁) 1.84%, MgO 0.92%, MnO 0.05%, P_2O_5 0.11%, K_2O 和 Na_2O 分别为 0.13% 和 0.64%, TiO_2 为 0.16% 烧失量 0.17%, Zr 和 Ni 分别为 250×10^{-6} 和 14.08×10^{-6}. 在 TiO_2_SiO_2 等图解中, 蓝晶石石英岩都落入火成岩区, 其中部分含水矿物(如绿帘石) 与共生的榴辉岩相似, 因此它可能是一种经过榴辉岩相高压流体交代的细晶岩. 西阿尔卑斯镁铝榴石石英岩主要由镁铝榴石+ 石英/柯石英+ 多硅白云母+ 滑石+ 蓝晶石组成. Compagnoni 等人[13] 依据其地质产状及化学成分, 认为其原岩是经韧性剪切的花岗岩, 其特殊的化学成分可能是剪切过程中的变质交代作用所引起, 并依据其中滑石+ 蓝晶石+ 多硅白云母+ 镁铝榴石这一特殊的矿物组合, 称其为镁铝榴石白片岩. 与西阿尔卑斯镁铝榴石石英岩相比, 这里的蓝晶石石英岩明显富 SiO_2 和 FeO, 贫 MgO, K_2O. 但大别山蓝晶石石英岩中蓝晶石+ 滑石+ 石英的共生, 表明它也是一种白片岩组合.

在 MASH 体系中, 只要有足够的水压, 蓝晶石+ 滑石+ 石英能稳定在从正常的下地壳到上地幔的深度[2]. 绿帘石为一种含水矿物, 稳定的温压范围很广, 是一个能在柯石英稳定范围内稳定的矿物. 绿帘石+ 蓝晶石+ 滑石+ 石英这一矿物组合的温度下限可由硬柱石= 黝帘石/绿帘石+ 蓝晶石+ 石英+ 流体[14] 的反应所限定, 在石英/柯石英转变线附近, 其温度约 630 ℃, 与 Okay[11] 用石榴石_单斜辉石地质温度计获得的榴辉岩(635 ±40) ℃的温度相近. 若将共生的榴辉岩的峰期压力作为蓝晶石石英岩的压力, 则其峰期压力为(2 400 ±300) MPa[11]. 因此, 蓝晶石石英岩可能经过 630 ℃左右, 压力(2 400 ±300) MPa 的峰期变质作用.

4 结论

(1) 太湖花凉亭水库大坝北端的蓝晶石石英岩是一种白片岩组合, 它与共生的榴辉岩一起经过 630 ℃左右, 压力(2 400 ±300) MPa 的榴辉岩相高压变质作用.

(2) 蓝晶石石英岩以富 SiO_2 及含水矿物为特征, 其中有些含水矿物与共生的榴辉岩相似, 推测其原岩是一种在榴辉岩相变质过程中被高压流体交代的细晶岩脉.

致谢 岩相学研究得益于意大利都灵大学矿物和岩石学系 Roberto Compagnoni 教授及 Rolfo Franco 博士的指教. 在矿物测试及成文过程中得到王汝成和叶凯博士的帮助. 本工作为国家自然科学基金(批准号: 49572150) 和安徽省地质矿产局共同资助项目.

参 考 文 献

1 Schreyer W. Whiteschists: their compositions and pressure_temperature regimes based on experimental, field and petrographic evidence. Tectonphysics, 1977, 43: 127~144

2 Chopin C. Coesite and pure pyrope in high_grade blueschist of the western Alps: record and some consequences. Contrib Mineral Petrol, 1984, 86: 107~ 108
3 Schreyer W. Metamorphism of crustal rocks at mantle depth: high_pressure minerals and mineral assemblages in metapellites. Fortschr Minner, 1985, 63: 227~ 261
4 Schreyer W. Experimental studies on metamorphism of crustal rocks under mental pressure. Mineral Magazine, 1988, 51: 1~ 26
5 刘雅琴. 华中陆壳高压变质岩类白片岩的岩石矿物特特征. 地质论评. 1991, 37: 384~ 354
6 徐树桐, 江来利, 刘贻灿, 等, 大别山(安徽部分)的构造格局和演化过程. 地质学报, 1992, 66: 1~ 14
7 Li S, Xiao Y, Liou D, et al. Collision of the north China and Yangtze Block and formation of coesite_bearing eclogite: timing and processes. Chemical Geology, 1993, 109: 89~ 111
8 Cong B, Wang Q, Zhai M, et al. Ultra_high pressure metamorphic rocks in the Dabie_Su_Lu region, China: their formation and exhumation. The Island Arc, 1994, 3: 135~ 150
9 Cong B, Zhai M, Carswell D A, et al. Petrogenesis of ultrahigh_pressure rocks and their country rocks in Shuanghe of Dabie Mountains, central China. Eur J Mineral, 1995, 7: 119~ 138
10 Xu S, Okay A I, Ji S, et al. Diamond from the Dabie Shan metamorphic rocks and its implication for tectonic setting. Science, 1992, 256: 80~ 82
11 Okay A I. Petrology of a diamond and coesite_bearing metamorphic terrain: Dabie Shan, China. Eur J Mineral, 1993, 5: 659~ 673
12 Wang X, Liou L G, Maruyama S. Coesite_bearing eclogites from the Dabie Moubntains, central China: petrology and *P_T* path, and implications for regional tectonics. Journal of Geology, 1992, 100: 235~ 50
13 Compagnnoni R, Hirajima T, Chopin C. Ultra_high_pressure metamorphic rocks in the western Alps. In: Coleman G, Wang X, eds. Ultrahigh Pressure Metamorphism. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 206~ 243
14 Holland T J B. The experimental determination of thermodynamic data for part of the system Na_2O_Al_2O_3_SiO_2_H_2O, with applications to eclogites and blueschists. Contrib Mineral Petrol, 1979, 68: 293~ 301

(1997-06-12 收稿, 1997-09-18 收修改稿)

我国西部柴北缘地区发现榴辉岩

杨经绥 许志琴 李海兵 吴才来 崔军文 张建新 陈 文
(中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

摘要 柴达木盆地北缘的榴辉岩呈透镜体产在中-上元古代的片麻岩中. 岩石主要由石榴石、绿辉石、多硅白云母和金红石等矿物组成. 石榴石包含 44%~ 62% 的铁铝榴石、15%~ 33% 的钙铝榴石和 12%~ 30% 镁铝榴石分子, 绿辉石则含有 40%~ 46% 的硬玉分子. 石榴石-单斜辉石温度计算和根据硬玉分子的地质压力计的估算表明, 榴辉岩相的变质作用发生在温度(722 ±123) ℃和压力高达 2 200 MPa 的环境.

关键词 **榴辉岩 高压变质作用 大柴旦 柴北缘 青藏高原**

自 1987 年以来, 我国东部大别山和苏鲁地区的含柯石英榴辉岩及超高压变质作用引起了国内外地学界高度的重视[1, 2]. 最近在我国西部阿尔金山和西南天山又陆续新发现榴辉岩[3, 4], 使不少人在重新探讨中国的大地构造格架时产生了新的思考. 几年前, 有人说在柴北缘地区找到了榴辉岩, 但时至今日, 未见一篇文章报道. 柴北缘地区究竟有无榴辉岩? 中法合