

五台山地区原金刚库组中含蓝晶石 组合的变质作用及其意义

The Metamorphism and Significance of Kyanite-Bearing Assemblages from the Original Jingangku Formation of Wutaishan area

王凯怡 周少平 郝杰

Wang Kaiyi, Zhou Shaoping and Hao Jie

(中国科学院地质研究所 北京 100029)

(Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029)

摘要 本文对山西五台山地区与超镁铁质岩密切共生的含蓝晶石的各类片岩进行了研究。研究发现,在蓝晶石铝直闪石片岩中存在一种特殊的冠状体结构,即蓝晶石和铝直闪石被它们之间内圈的十字石+刚玉+绿泥石和外圈的堇青石所包绕。这种特殊的反应边结构,说明岩石曾处于较高的压力条件下(0.9~1.4GPa),然后经历了明显的近等温的减压过程。其它类型的含蓝晶石片岩,也包含了高压变质矿物组合,并经历了同样的变质演化过程。这种演化历史与该区经历了古洋壳俯冲,消减,弧陆碰撞和伴随的迅速折返和抬升是密切有关的。

Abstract There are four types of kyanite-bearing schists in the original North Jingangku Formation of the Wutai Group. One of them is called kyanite-gedrite schist which mainly consists of gedrite and kyanite. There is a corona texture in the rocks, some minerals form a rim around the kyanite grain and develop as a result of reaction between the gedrite and enclosed kyanite. There is more than one rim which consists of an inner rim of staurolite, corundum and chlorite with an outer rim of cordierite. The development of corona texture in the kyanite-gedrite schist implies a direct transition from an assemblage typical of high pressure and moderate temperature to an assemblage typical of moderate pressure and temperature. The obvious decompression implies that the rocks have experienced a related subduction-uplift process along converging plate boundaries.

主题词 蓝晶石 高压变质作用 山西 五台山

Key words: Kyanite; High-pressure metamorphism; Shanxi; Wutaishan

• 本文1994年12月15日收到,1995年7月16日二次改回。

本文为国家自然科学基金资助课题成果。

第一作者简介:王凯怡 女 1941年出生 研究员 变质岩石学专业

分类号: P588.34

Classific. code: P588.34

1 前言

发育在山西东北的五台-恒山地区的五台群,也称五台-恒山绿岩带,是我国北方出露较好的一套太古代变质火山-沉积岩系,其南北两侧的变质程度深,中间的变质程度浅。其北侧主要属原五台群下部的金刚库组或也称北金刚库组(以便与出露于南侧的金刚库组也称南金刚库组相区别)(李树勋 1984)。根据已有的研究成果,北金刚库组属于十字石-蓝晶石-夕线石变质相带,变质的温度和压力分别为 $500^{\circ}\text{C}\sim 575^{\circ}\text{C}$ 和 $0.4\sim 0.8\text{GPa}$,为低角闪岩相(白瑾 1986;田永清 1991;党修鹏 1993)。党修鹏(1993)还认为在早元古时又叠加了溱沱期的绿片岩相变质。本文主要研究了北金刚库组中含蓝晶石的变质岩,其中有首次报道的新的岩石类型。对它们的矿物共生组合及变质温压条件详细研究后发现,这些岩石在早期受到过高压变质,在晚期变质压力则有明显降低。这种特征的 P - T 演化轨迹与该区大地构造背景是密切有关的(李继亮等 1990; Wang et al. 1993)。

2 地质背景

五台山及邻近地区的太古代变质地体可划分为三个不同的块体:阜平片麻杂岩(即原来的阜平群)、恒山片麻杂岩和五台山花岗-绿岩带。阜平和恒山片麻杂岩的主体是 TTG 系列的灰色片麻岩(田永清 1986;王凯怡等 1991),夹持在阜平和恒山两个块体之间的是五台山花岗绿岩带。这三个块体分别代表了五台山碰撞造山带的不同构造单元。五台山碰撞造山带是一个陆(恒山块体)-弧(五台弧)-陆(阜平陆块)的碰撞造山带(李继亮等 1990; Li and Wang 1992; Wang et al 1994; Wang et al 待出版)。阜平陆块和五台弧之间为弧前混杂带,五台弧与恒山陆块之间为弧后混杂带(图 1)。弧后混杂带即代表原北金刚库组,这主要是一套基性火山岩夹沉积岩建造,沉积岩中包括硅铁质岩,深海复理石和粘土质岩。超镁铁质岩在弧后混杂带中分布广,主要呈大小不等的无根褶曲产在强变形的变质沉积岩中(王凯怡等 待出版)。该弧后混杂带将高角闪岩相-麻粒岩相的恒山片麻杂岩与绿片岩相的五台弧火山-沉积岩系分隔开。本文讨论的各类含蓝晶石的片岩,全部产在弧后混杂带中,主要呈薄层状或透镜状产出,且与超镁铁质岩有密切共生关系。归纳起来有如下几种岩石类型:1) 蓝晶石铝直闪石片岩;2) 蓝晶石金云母多硅白云母绿泥石片岩;3) 蓝晶石多硅白云母电气石绿泥石片岩;4) 蓝晶石石榴石十字石铝直闪石片岩。第一类蓝晶石铝直闪石片岩与含紫苏辉石和单斜辉石的阳起石绿泥石片岩密切共生。后三类岩石主要与角闪石岩,斜长角闪岩和含石榴石的片麻岩密切共生。

含蓝晶石的各类片岩的岩石成分具有高镁铝和贫硅钙的特点,推测其原岩不是一般的泥质岩,而是具有深海泥质岩的特点。蓝晶石金云母多硅白云母绿泥石片岩的全岩化学成分见表 1。

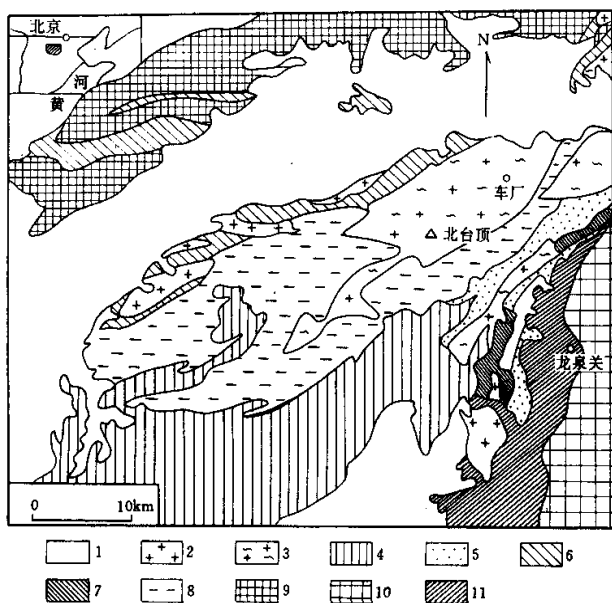


图1 五台山及邻区地质构造概略图(据李继亮 1990)

1. 第四纪; 2. 同碰撞花岗岩; 3. 碰撞前花岗岩; 4. 磨拉石盆地; 5. 6. 弧后混杂带; 7. 弧前混杂带;
8. 五台弧; 9. 恒山陆块; 10. 阜平陆块; 11. 龙泉关剪切带

Fig. 1 Geological and tectonic map of Wutaishan area

表1 蓝晶金云多硅白云母绿泥片岩(1)和石榴十字金云母直闪石片岩(2)的主元素成分(重量%);

Table 1 Chemical composition (wt%) of kyanite-phlogopite-phengite-chlorite schist (1) and garnet-staurolite-phlogopite-gedrite schist (2)

序号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅
(1)	36.43	0.46	33.29	2.32	1.21	0.03	0.47	15.97	2.32	—	—
(2)	55.26	0.98	15.28	10.07	3.71	0.03	0.68	8.38	1.91	0.75	0.23

2 岩相学特征

2.1 蓝晶石铝直闪石片岩

该片岩的主要组成矿物为铝直闪石(65%)和蓝晶石(12%),其它矿物还有金红石、堇青石、十字石和刚玉,少量矿物有绿泥石、钙柱石、白云母、黝帘石和绿纤石等。根据矿物的显微结构,该岩石至少可区分出早期M1和晚期M2组合。M1组合由蓝晶石和铝直闪石组成,这两种矿物均作定向排列。M2由环绕蓝晶石的次变边的矿物组成,它们包括十字石、刚玉和绿泥石,还有钙柱石、黝帘石和白云母等(图2)。次变边结构在反应比较彻底的情况下,

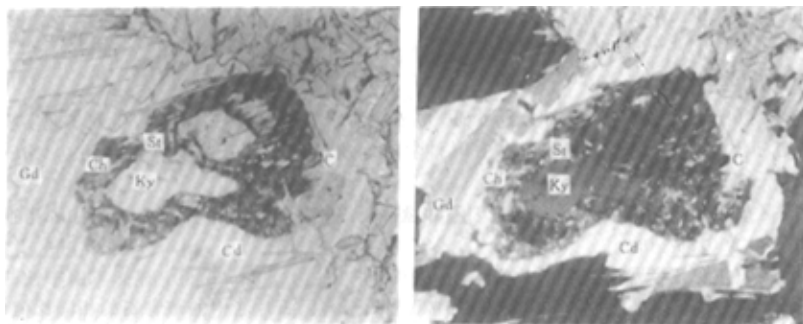


图2 蓝晶石铝直闪石的次变边结构

内圈矿物为十字石、刚玉和绿泥石；外圈无色低突起矿物为堇青石；A为单偏光；B为正交偏光；St为十字石；Gd为直闪石；Ch为绿泥石；Ky为蓝晶石；C为刚玉；Cd为堇青石

Fig. 2 The corona texture in the kyanite-gedrite schist A shows the case under single-polarized light; B shows case under cross-polarized light

蓝晶石完全被这些矿物替代，但仍保留了蓝晶石的假象。在上述次变边的结构之外还有一个由堇青石组成的外圈，堇青石在显微镜下的特征酷似石英，但其中的一些矿物的包裹体可出现特征的多色晕。因此，蓝晶石铝直闪石片岩呈现复杂的双圈反应边结构（图2）。在这种情况下，蓝晶石往往不与堇青石直接接触，而被内圈矿物与堇青石分隔开。从M1到M2是一个退变质过程。与M1和M2对应的温度压力条件下面将作进一步的讨论。

2.2 蓝晶石金云母多硅白云母绿泥石片岩

其主要由金云母（40%）、蓝晶石（25%）、多硅白云母（35%）和绿泥石（15%~20%）组成。还含有少量金红石、斜长石和石英等矿物。蓝晶石和金云母常被多硅白云母和绿泥石包围和置换。云母类矿物呈大致定向排列，说明岩石形成时受到强烈形变作用。

2.3 蓝晶石多硅白云母电气石绿泥石片岩

主要由绿泥石（45%）、镁电气石（25%）、多硅白云母（20%）和蓝晶石（5%）组成。长柱状或长条状矿物呈明显定向排列。蓝晶石被多硅白云母包围，未见与绿泥石和电气石直接接触。绿泥石在镜下呈极细的颗粒的集合体，无明显多色性，与电气石密切共生。电气石为长柱状晶形，呈淡绿色到无色的多色性。

2.4 蓝晶石石榴石十字石铝直闪石片岩

主要由蓝晶石（5%）、石榴石（30%）、十字石（20%）、铝直闪石（10%）、石英（15%）和金云母（10%）组成。还含有少量绿泥石、不透明矿物和金红石等。石榴石颗粒粗大，呈

很特征的筛状结构,未显示环带。十字石为半自形颗粒,镜下显示特征的金黄色,有明显多色性。长柱状和长条状矿物大致呈定相排列。

3 矿物学特征

表2列出了矿物的电子探针分析数据。电子探针分析是分别在中国有色金属矿业实验中心利用岛津8705G型电子探针和在中国科学院地质所岩石圈开放实验室利用CAMECA SX51电子探针完成的。

本区的铝直闪石产在蓝晶石铝直闪石和蓝晶石石榴子石十字石金云母片岩中,其 $Mg/(Mg+Fe)$ 为0.36~0.74。

堇青石仅见于蓝晶石直闪石片岩中, $Mg/(Mg+Fe)$ 为0.88~0.89,显然不属于铁堇青石之列。这个比值略高于湖北浠水大别群中蓝晶石铝直闪石片岩中的堇青石的相同比值(0.86)(游振东等1990)。堇青石中 $Mg/(Mg+Fe)$ 比值的增高往往与变质压力的增高有关(Turner 1980),本区堇青石较高的 $Mg/(Mg+Fe)$ 比值可能反映了变质压力较高。

十字石产在蓝晶石铝直闪石片岩和蓝晶石石榴子石十字石片岩中。蓝晶石铝直闪石片岩中的十字石,构成直接围绕蓝晶石的冠状体的组成矿物之一。由于十字石结构与蓝晶石结构相似,因此其晶体生长是依其(010)面和蓝晶石的(100)面而形成规则的连晶(图2)。该种十字石的 MgO 含量较高为3.65%~4.77%(表1)。镁十字石是一种高压变质矿物,产于山东某地的榴辉岩中,其 MgO 大于7%(Enami and Zhang 1990)。本区产于蓝晶石铝直闪石片岩中的十字石较高的 MgO ,介于镁十字石和普通十字石之间,推测其较高的 MgO 含量可能与变质压力较高及寄主岩石的成分都有一定关系。产于蓝晶石石榴子石十字石直闪石片岩中的十字石 MgO 为2.37%。与蓝晶石铝直闪石片岩相比,该种岩石的 SiO_2 较高, MgO 较低,因此其中十字石的 MgO 含量的偏低可能与寄主岩石的成分有一定的关系。

蓝晶石在本文讨论的各类型岩石中产出。除主要成分外,杂质成分少。但值得注意的是样品中蓝晶石的 Cr_2O_3 普遍偏高,为0.1%~0.65%。蓝晶石中 Cr_2O_3 的多少与压力有关,如榴辉岩中蓝晶石的 Cr_2O_3 含量为0.1%~0.4%(Siblev et al. 1968)。因此本区蓝晶石中较高的 Cr_2O_3 含量,有可能是较高压力的一个指示。

金云母和多硅白云母在本区含蓝晶石的各类片岩中是常见的矿物。金云母在偏光镜下显金黄到几乎无色的多色性。其 Mg 原子数为1.8~2.3, Fe 为0.31~0.8, $Mg/Fe > 2$, K 0.74~0.87, Na 含量微,故应为白云母。多硅白云母 Si 原子数为3.1~3.37, Al 为1.69~1.89, Mg 为0.12~0.36。白云母也见于某些种类的片岩中,可与多硅白云母共生,为蓝晶石的蚀变产物。

石榴石产在蓝晶石石榴子石十字石直闪石片岩中为铁铝榴石,呈很特征的筛状结构。其铁铝榴石分子为68%,镁铝榴石分子31%,钙铁榴石分子1%。

钙柱石、黝帘石、绿帘石这几种矿物是蓝晶石铝直闪石片岩的冠状体的组成矿物(图2),主要构成了内圈反应边。也见钙柱石沿直闪石的解理缝进行交代的。这几种矿物明显是流体交代并伴有外来组分加入的结果。从它们与十字石和刚玉的密切共生推测这些矿物的形成是近于同时的。

表2 含蓝晶石片岩矿物电子探针分析结果

Table 2 The EMP analyses of minerals from kyanite-bearing schists

矿物	Gr	Gd	Gd	Gd	Hb	Crd	Cd	Cd	St	St	St	St	Ky	Ky	Ky
序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
样品号		89	89	W3	W2	89	89	89	89	89	89	W3	59	59	89
SiO ₂	37.24	50.66	52.04	53.38	45.2	49.3	50.54	49.03	26.96	26.07	27.3	26.64	36.84	36.9	36.09
TiO ₂	0	0.13	0.07	0.08	0.29	0	0	0	0.2	0.01	0.41	0.66			
Al ₂ O ₃	20.86	7.86	6.98	3.24	15.2	34.25	33.16	33.97	56.07	56.75	55.77	52.67	64.48	64.19	63.21
Cr ₂ O ₃	0.06	0.07	0.08	0.05	0.03	0	0.01	0	0.12	0.16	0.21	0.17	0.1	0	0.65
FeO	31.18	16.25	15.33	20.04	7.5	2.63	2.61	2.88	10.67	10.73	10.69	13.64	0.15	0.12	0.73
MnO	0.05	0.13	0.1	0	0.18	0	0.01	0	0	0.06	0	0	—	—	—
MgO	7.94	22.14	21.98	20.07	14.71	12.48	11.2	12.46	4.77	3.65	4.58	2.37	—	—	—
CaO	0.33	0.39	0.49	0.07	11.94	0.14	0.06	0	0	0.14	0	0.03	0.02	0.06	0.15
Na ₂ O	0.08	0.18	0.57	0.27	1.58	0	0.09	0	0	0	0	0	—	—	—
K ₂ O	0	0.04	0	0	0.17	0	0.04	0	0	0	0	0.01	—	—	—
总量	97.74	97.85	97.64	97.2	96.8	98.8	98.72	98.34	98.79	97.57	98.96	96.19	—	—	—
Si	2.984	7.469	7.646	7.69	6.477	4.928	5.047	4.928	3.818	3.741	3.859	3.934	0.98	0.98	0.97
Al ^{IV}	0.016	0.531	0.354	0.31	1.523	1.072	0.953	1.072	0.182	0.259	0.141	0.066	0.02	0.02	0.03
Al ^{VI}	1.953	0.834	0.855	0.24	1.043	2.962	2.949	2.952	9.173	9.336	9.148	11.098	2	2	1.98
Cr	0.004	0.008	0.009	0.006	0.003	0	0.001	0	0.013	0.018	0.023	0.02	—	—	—
Ti	0	0.014	0.008	0.009	0.031	0	0	0	0.021	0.001	0.044	0.073	—	—	—
Fe	2.087	2.001	1.881	2.411	0.898	0.22	0.218	0.242	1.262	1.286	1.262	1.682	—	—	—
Mn	0.003	0.016	0.012	0	0.022	0	0.001	0	0	0.007	0	0	—	—	—
Mg	0.948	4.865	4.813	4.309	3.141	1.859	1.816	1.867	1.007	0.781	0.965	0.522	—	—	—
Ca	0.028	0.062	0.077	0.011	1.333	0.015	0.006	0	0	0.022	0	0.005	—	—	—
Na	0.012	0.051	0.162	0.075	0.439	0	0.017	0	0	0	0	0	—	—	—
K	0	0.008	0	0	0.031	0	0.005	0	0	0	0	0.002	—	—	—
总数	8.036	15.859	15.818	15.061	15.442	11.055	11.013	11.06	15.477	15.451	15.442	17.402	—	—	—

续表 2

矿 物	Ky	Ky	Phe	Mu	Phe	Ph	Ph	Ch	Mei	Mei	Mei	Mei	Zoi	Pum	Pum
序 号	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
样品号	W1	W2	59	W1	59	W1	59	59	59	59	59	59	59		
SiO ₂	36.94	36.85	50.97	48.21	48.51	39.83	37.98	27.42	36.92	37.48	36.43	36.54	39.45	35.51	36.2
TiO ₂	0.04	0.02	0.06	0	0	0.87	1.3	0.08	0	0	0	0.02	0	0.15	0.12
Al ₂ O ₃	61.52	61.42	29.83	38.38	34.54	18.85	17.36	23.2	32.15	29.84	28.88	28.93	32.43	23.94	24.09
Cr ₂ O ₃	0.14	0.12	0.01	0.01	0.1		0.16	0.1	0	0	0	0.01	0.04	0.04	0.08
FeO	0.15	0.2	0.36	0.04	0.46	5.36	12.97	6.24	0.12	1.08	0.2	0.22	0.2	6	0
MnO	0	0	0.02	0.02	0	0.06	0	0.04	0	0	0.05	0.05	0	0	0.03
MgO	0.02	0.12	3.66	0.02	1.26	22.12	16.56	29.24	0	0.21	0.35	0.15	0	1.03	1.11
CaO	0.06	0	0.09	0.15	0.06		0	0.01	20.89	22.69	11.12	22.41	25.18	18.64	18.66
Na ₂ O	0	0.01		0.03	0.07		0.38	0	0	0.03	0.13	0.23	0	0.01	0
K ₂ O	0.01	0	9.95	10.15	9.5	9.76	7.84	0	0.75	0.06	0.38	0.09	0	0	0
总 量	98.88	98.74		97.01	94.5		94.55	86.33	90.83	91.39	88.54	88.65	97.3	85.32	80.29
Si	1.009	1.008	3.37	3.101	3.202	2.77	2.791	3.784	5.768	5.868	5.879	5.886	3.136	3.294	3.437
Al ^{IV}	1.98	1.98	0.63	0.899	0.798	0.23	1.209	3.773	0.232	0.132	0.121	0.114	0	0	0
Al ^{VI}	0	0	1.69	2.01	1.889	1.32	0.295	0	5.686	5.373		5.377	3.178	2.911	3.132
Cr	0.003	0.003		0.001	0.005		0.009	0.011	0	0	0	0.001	0.003	0.003	0.006
Ti	0.001	0		0	0		0.072	0.008	0	0	0	0.002	0	0.01	0.009
Fe	0.003	0.005		0.002	0.025	0.31	0.796	0.719	0.016	0.141	0.027	0.03	0.013	0.465	0
Mn	0	0	0.36	0.001	0		0	0.005	0	0	0.007	0.007	0	0	0.002
Mg	0.001	0.005		0.002	0.124	2.3	1.814	6.014	0	0.049	0.084	0.036	0	0.142	0.157
Ca	0.002	0		0.01	0.004		0	0.001	3.497	3.806	3.825	3.868	2.146	1.853	1.898
Na	0	0.001		0.004	0.009		0.054	0	0	0.009	0.041	0.072	0	0.002	0
K	0	0	0.84	0.833	0.8	0.87	0.735	0	0.149	0.012	0.078	0.018	0	0	0
总 数	2.999	3.001		6.863	6.856		7.775	14.316	15.348	15.39	15.434	15.411	8.450	8.680	8.641

注: Gr 为石榴石; Gd 为绿帘闪石; Hb 为角闪石; Cd 为蓝闪石; St 为十字石; Ky 为蓝晶石; Phe 为多硅白云母; Ph 为金云母; Ch 为绿泥石; Mei 为钙柱石;

Zoi 为矽线石; Pum 为绿帘石; Mu 为白云母。

4 讨论

4.1 原岩性质

与超镁铁岩共生的蓝晶石铝直闪石片岩和蓝晶石金云母多硅白云母绿泥石片岩有高的 $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)$ 和高的 MgO/CaO 值, 推测其原岩不是一般的泥质岩, 而可能是深海泥质岩。其中一些含钙矿物的出现(如钙柱石和黧帘石)则与流体交代作用有关。

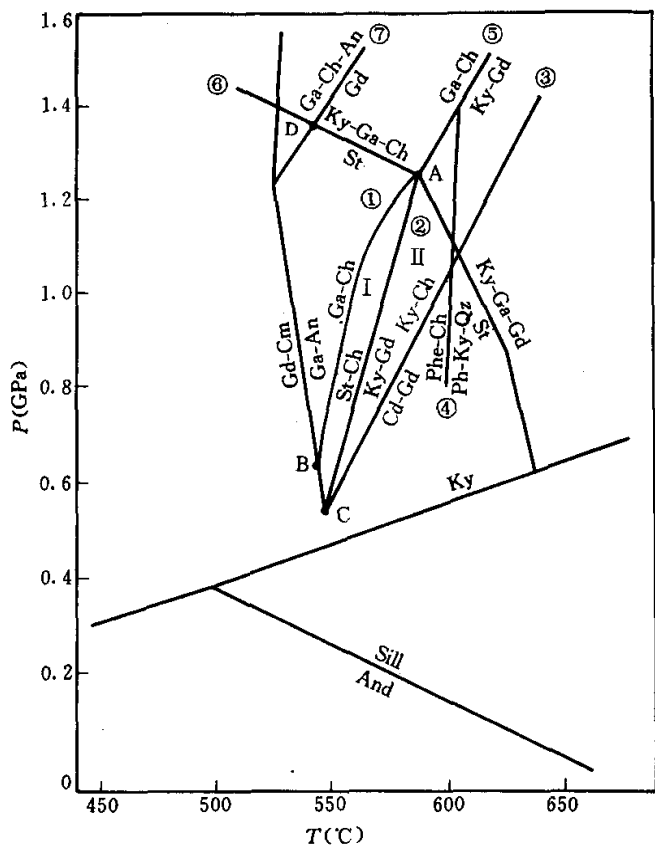


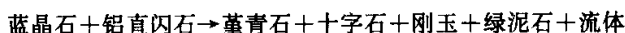
图3 含蓝晶石片岩的成岩格子图

(矿物编写代号见表2)

Fig. 3 Petrogenetic grid for the kyanite-bearing schists

4.2 变质作用温压条件的估计

根据蓝晶铝直闪石片岩的冠状体结构, 至少反映了早晚两期矿物共生组合及相应温压条件。M1 表示蓝晶石和铝直闪石组合, M2 为后成反应边的矿物组合, 包括十字石、堇青石、刚玉、绿泥石和钙柱石等。次变边矿物组成的复杂性, 说明它们既有蓝晶石和铝直闪石之间的反应产物, 同时也有流体交代蚀变的产物。从 M1 到 M2, 推测反应如下:



伴随流体交代及外来组分的加入, 次生反应边中还生成了钙柱石、黝帘石和绿纤石等。堇青石 + 十字石 + 刚玉 + 绿泥石组合, 从其成分看是消耗了蓝晶石和铝直闪石, 在减压条件下形成的 (Schreyer and Seifert 1969; Schreyer 1977; 游振东等 1990)。蓝晶石铝直闪石组合对应的压力约为 1.0 GPa (Schreyer 1969), 温度估计在 600°C ~ 700°C 之间 (游振东等 1990), 是一个高压中温变质矿物组合。而堇青石分解和十字石稳定的压力约为 0.6 ~ 0.7 GPa, 温度约为 600°C (Schreyer 1977; Turner 1980; 游振东等 1990)。因此从蓝晶石 + 铝直闪石组合转化为堇青石 + 十字石 + 刚玉 + 绿泥石组合, 表明变质温度变化不明显, 但压力则有明显下降。

根据蓝晶石金云母多硅白云母绿泥石片岩的矿物组合及显微结构特征, 推测存在下列的反应关系: 金云母 + 蓝晶石 + 石英 $\rightarrow$ 多硅白云母 + 绿泥石, 该反应对应的压力是 0.9 GPa, 温度约为 600°C (Schyer 1981)

如前所述, 蓝晶石金云母多硅白云母绿泥石片岩中有蓝晶石-金云母-石英或多硅白云母-绿泥石的平衡共生关系, 这种关系可由图 3 上的反应线④表示。该陡直线与反应线⑤的交点处的压力为 1.4 GPa, 温度 600°C 左右。虽然该片岩中不含蓝晶石 + 铝直闪石组合, 但在同一构造带中有这种组合。因此, 成岩格子图 3 上反应线④与反应线⑤的交点处的压力 (1.4 GPa) 或许可以作为本区压力的上限。此外, 近于垂直的反应线 4 的含义是, 这样的组合在后期压力有明显降低, 温度则变化不大。

据蓝晶石石榴石铝直闪石片岩的矿物共生组合, 成岩格子图 3 上反应线⑥与反应线⑦和⑤的交点即图 3 上的 AD 两点可制约其压力和温度的上限, 压力在 1.25 ~ 1.35 GPa 之间, 温度在 545°C ~ 585°C 之间。其温度压力的演化趋势可由 I 和 II 区的温压区间

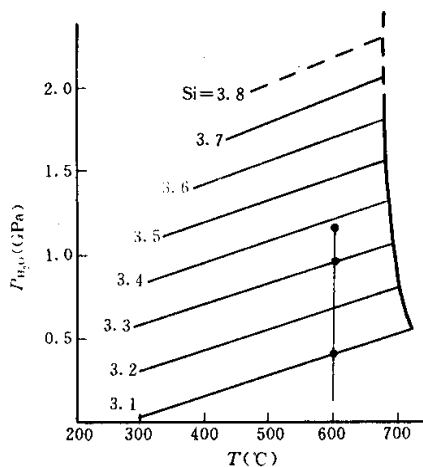


图 4 多硅白云母的 Si- P_{H_2O} -T 图

Fig. 4 Si- P_{H_2O} -T diagram of phengites from the kyanite-bearing schists

来制约。晚期的温压条件可由BC线制约,对应的压力为0.6GPa左右,温度约540℃。

已分析的本区三个多硅白云母有三个不同的Si值,分别为3.37、3.2和3.1。假设这三种多硅白云母的变质温度均约为600℃,将Si值和对应温度的交点投在图4上,并将三点连成直线。这条陡的直线反应了一个明显的减压过程,压力从大约1.0GPa降至略小于0.5GPa。

4.3 变质作用演化的大地构造意义

利用各种方法估计,本区的含蓝晶石片岩早期经历的高压变质作用的压力范围在0.9~1.4GPa之间,温度在570℃~650℃之间,降压后的压力大致在0.5~0.6GPa之间,温度在540℃~600℃之间。因此,是一种从高压中温到中压中温的近于等温的降压过程。值得注意的是,在某些种类的岩石中高压矿物组合可与中压矿物组合共存,但二者不是平衡共生关系。例如在蓝晶石铝直闪石片岩中蓝晶石呈准稳定的残晶,被内圈反应边矿物所包绕,不与中压矿物组合直接接触。这种特征的结构与该区大地构造演化历史密切相关。含蓝晶石片岩的弧后混杂带,代表了五台弧与恒山陆块之间的碰撞,这些岩石记录的变质作用反映了它们经历了俯冲和迅速的折返抬升,本文讨论的 P - T 演化轨迹可能揭示了这一过程。

参 考 文 献

- 王凯怡,李继亮,刘如琦. 1991. 阜平片麻岩之成因. 地质科学 (3): 254~267
- 田永清. 1986. 晋北恒山地区灰色片麻岩的地质特征及其成因初探. 山西地质 (2): 95~113
- 田永清等. 1991. 五台山-恒山绿岩带地质及金的成矿作用. 山西科学技术出版社
- 李继亮等. 1990. 五台山早元古代碰撞造山带初步认识. 地质科学 (1): 1~10
- 白瑾主编. 1986. 五台山早前寒武纪地质. 天津科学技术出版社
- 李树勋,冀树楷,马志红等. 1986. 五台山区变质沉积铁矿地质. 长春: 吉林科学技术出版社
- 周汉文. 1993. 大别山前寒武纪变质地体岩石学与构造学. 武汉: 中国地质大学出版社, 105~139
- 党修鹏. 1993. 五台山变质地体的区域变质带和变质期次. 岩石学报, 9 (1): 55~69
- 游振东,周汉文,吕学志. 1990. 湖北滠水蓝晶石直闪石片岩中冠状体结构的研究. 地球科学 15 (4): 345~356
- Enami M and Zhang Q. 1988. Magnesian staurolite in garnet-corundum rocks and eclogite from the Donghai district, Jiangsu Province, East China. American Mineralogist, 73: 48~56
- Li Jiliang and Wang Kaiyi. 1992. Accretion tectonics of early Precambrian in North China. Scientia Geologica Sinica, 1 (1):
- Moores E M. 1986. The Proterozoic ophiolite problem, continental emergence, and the Venus connection. Science, 234 (3): 65~68
- Schreyer W and Seifert F. 1969. Compatibility relations of the aluminum silicates in the systems $MgO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$ and $K_2O-MgO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$ at high pressures. American J. of Science, 267: 371~388
- Schreyer W. 1974. Whiteschist, a new type of metamorphic rock formed at high pressures. Geol. Rundsch. 63: 597~609
- Schreyer W. 1977. Whiteschists; their compositions and pressure-temperature regimes based on experimental, field, and petrographic evidence. Tectonophysics, 43: 127~144
- Schreyer W et al. 1981. Corundum-fuchsite rocks in greenstone belts of South Africa; petrology, geochemistry, and possible origin. J. Petrology, 22 (Part2): 191~231
- Turner F. 1980. Metamorphic Petrology. Hemisphere Publishing Corporation, 160

- Wang Kaiyi et al. . 1994. The Wutaishan orogenic belt in Shanxi Province, North China. In: Annual Report of the Laboratory of Lithosphere Tectonic Evolution. Seismological Press, 23~27
- Windley B F. 1981. Precambrian rocks in the light of the plate tectonic concept. In Kroner A. (Editor), Precambrian plate tectonics. Elsevier, Amsterdam, 1~20
- Windley B F. 1993. Uniformitarianism today, plate tectonics is the key to the past. Jour. Geol. Soc. , 150, 7~19