

YS05/56

中国蓝闪石片岩带的一般特征及其分布

董 申 保

(北京大学地质学系)



蓝闪石片岩相可依据其温度划分为蓝闪石-硬柱石和蓝闪石-绿片岩相区,并与一些变质相组成不同相系。中国蓝闪石片岩带根据其平均温度-压力梯度和构造地质环境可分为:(1)元古代克拉通内蓝闪石片岩带;(2)加里东期克拉通内裂谷型蓝闪石片岩带;(3)古生代中国陆台北缘蓝闪石片岩带;(4)中生代与俯冲作用有关的蓝闪石片岩带。

蓝闪石变质作用的形成和演化与构造地质环境有关。中国蓝闪石片岩带大部分形成于硅铝壳环境,从陆壳开始裂开,直至出现洋壳。这一演化与地壳内热流变化格局有关,形成机理不属于均变论的观点。

一、引 言

蓝闪石片岩及其有关岩石可形成于不同的地质条件,包括区域变质中的低温高压变质相,钠质交代以及深断裂附近的强烈变形作用等不同成因。其中作为蓝闪石变质作用的变质相在变质作用及其形成的地质环境上有着极为重要的意义。本文着重讨论中国区域变质作用中形成的蓝闪石片岩带的一般特征。

蓝闪石片岩相(蓝片岩相)的鉴别标志为:

(1) 蓝闪石片岩在变质地带中成线型分布,长度可达千余公里,宽度数十至数百公里不等,并产于不同的岩石类型中。

(2) 蓝闪石片岩出现以下变质矿物: 钠质角闪石(蓝闪石-青铝闪石-镁钠闪石系列)、硬柱石、绿帘石、黑硬绿泥石、帘石、红帘石、绿泥石、冻蓝闪石、钙质角闪石、硬玉质辉石-硬玉、文石、钠长石、白云母及石英等。钠质角闪石与其它变质矿物可形成不同矿物组合。构成一类低温高压变质相。

(3) 在一个变质地带中,蓝闪石片岩相常与其它变质相组成不同的变质相系,并可指示温度-压力梯度的时空变化。

近代研究表明,在基性岩体系中的蓝闪石绿片岩相内,钠质角闪石中的蓝闪石分子数的变化反映不同的压力范围^{[1],[2]}。它们与硬玉(+石英)和文石反应以及其它矿物组合的温压计一起,可用于标定蓝闪石片岩带的温度和压力。

根据某些特定的变质反应,可将蓝闪石片岩相划分为蓝闪石-硬柱石相和蓝闪石绿片岩过渡相两个相组。它们分属于亚绿片岩相和绿片岩相。并与其它变质相组合一起构

成:

(1) 亚绿片岩相系。主要由亚绿片岩相(包含部分绿片岩相)的岩石组成,相当于高压相系,如西藏雅鲁藏布江第三纪蓝闪石片岩带。

(2) 蓝闪石绿片岩相系。主要由蓝闪石绿片岩相及绿片岩相岩石组成,分布于高压及中压相系之间,如中国前寒武纪蓝闪石片岩带。

蓝闪石片岩的原岩可从沉积岩、碳酸盐至酸性火山岩、基性火山岩等。其原岩建造环境亦迥然不同。过去认为蓝闪石片岩仅限于蛇绿岩系,并以其作为古俯冲带的标志的概念应予修正。另外,陆壳的结晶基底及某些同期花岗岩也常介入蓝闪石变质作用过程中。

二、中国蓝闪石片岩带的一般特征

中国的蓝闪石片岩带在时间和空间上分布都相当广泛,见图 1^[1],各蓝闪石片岩带的基本特征见表 1。

蓝闪石片岩带划分的基本依据为:(1)变质相和相系;(2)温度—压力梯度;(3)原岩建造;(4)大地构造位置;(5)其它标志,如结晶基底和同期花岗岩的存在与否。根据这些原则,中国的蓝闪石片岩带可初步划分为:(1)元古代克拉通内蓝闪石片岩带;(2)加里东期克拉通内裂谷型蓝闪石片岩带;(3)古生代中国陆台北缘蓝闪石片岩带;(4)中新生代与俯冲作用有关的蓝闪石片岩带。兹分述如下:

I 元古代克拉通内蓝闪石片岩带

这是中国主要的蓝闪石片岩带,包括分布于扬子克拉通北缘、塔里木克拉通北缘,云南西部以及黑龙江等地区。其中以扬子克拉通北缘的蓝闪石片岩带规模最大,占有重要地位。在很多地区见这些变质岩石不整合于震旦系之下,变质期为晚元古期,相当于元古巨旋回中的绿片岩相变质型。在这一类型中,蓝闪石片岩常呈条带状产于绿片岩中,属蓝闪石绿片岩相,并往往与绿片岩相共生(包括铁铝石榴石带),构成蓝闪石—绿片岩相系。主要蓝闪石片岩带的基本特征叙述如下:

1. 扬子克拉通北缘蓝闪石片岩带

它们成线型分布,西起四川,甘肃经陕西、湖北、河南、然后折向东北至安徽,直至江苏连云港,长达 1700 公里,宽可达 100 公里。两侧及内部常为断层所切。上覆地层为震旦系。在北部为海西变质地带的底部岩系,在南侧为扬子陆台的台型建造。同位素年龄数据受后期事件影响出现多组,一般为 600—900Ma^[1]。表明其应属晚元古代变质作用的产物。在湖北、安徽、江苏常见这一蓝片岩带不整合覆盖于早元古或太古代的高级片麻岩之上。

变质岩石主要有含蓝闪石的各种黑硬绿泥石—白云母—绿帘石(红帘石)片岩、白云母—绿帘石—钠长石片岩、白云母片岩和大理岩等。鄂北地区还出现有蓝闪石榴辉岩等,有时还见有蓝晶石硬绿泥石片岩。

1) 周高志,张树业等,鄂北蓝片岩带特征及其地质意义(送审稿)。

荆延仁,张树业等,安徽低温高压变质带及其大地构造性质(送审稿)。

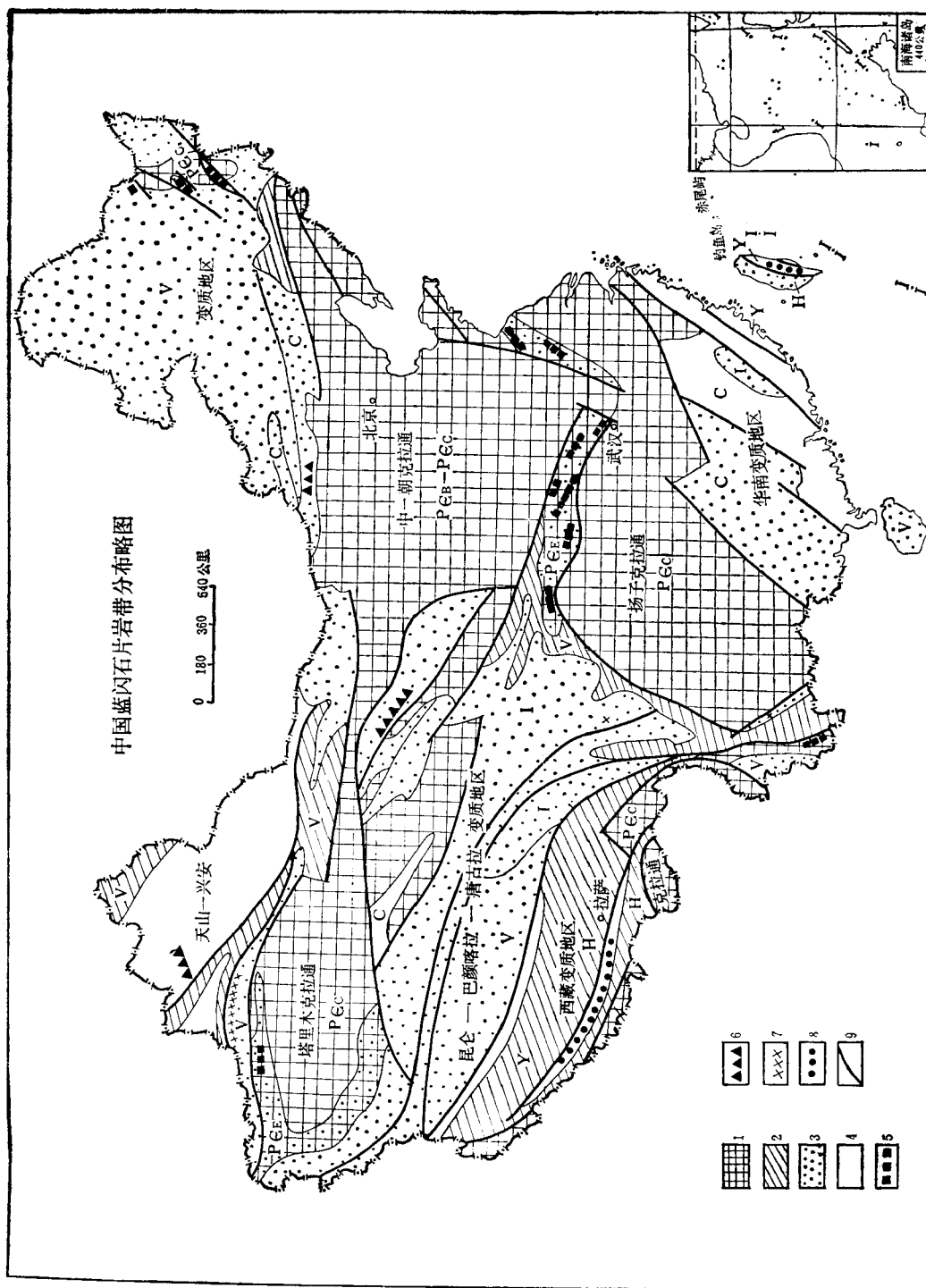


图1 中国蓝闪石片岩带分布略图

Fig. 1 Schematic map of distribution of the glaucophane schist belts in China.

1. 前寒武纪结晶基底; 2. 区域动力热流变质作用; 3. 区域低温动力变质作用; 4. 埋深变质作用; 5. 元古代克拉通内蓝闪石片岩带; 6. 加里东期克拉通内裂谷型蓝闪石片岩带; 7. 古生代中国陆台北缘蓝闪石片岩带; 8. 中生代与俯冲作用有关的蓝闪石片岩带; 9. 主要断裂; P_{EB}, 晚太古代变质期; P_{EC}, 早元古代变质期; P_{EB}, 晚元古代变质期; C, 加里东期; V, 海西期; I, 印支期; Y, 燕山期; H, 喜马拉雅期。

表 1 中国蓝闪石片岩带的一般特征

Table 1 General features of the glaucophane schist belts of China

名 称	相 系	特征矿物	原岩层序	沉积时代	变质时期
元 古 代					
1. 扬子克拉通北缘	GGF-GF (ch-bi-alm) 含榴辉岩, 有时达 蓝晶石级	Mgri, Cros, win, bar, act, zo, pied, stilp, phen, jd-px, (omp)	复理石建造, 双模 式火山岩系, 钠质 酸性火山沉积岩及 细碧质岩石, 浅海 碳酸岩系	中—晚元古代	晚元古代, (600—900 Ma) 同位素数据分散, 有早期前寒武结晶 基底
2. 云南西部澜沧群	GGF-GF (ch-bi-alm)	cros (Mgri), win, bar, act, ep, stilp, phen, chtd	复理石建造夹基性 岩 (部分为细碧质 岩石)	中—晚元古代	晚元古代, 可能为 806 Ma
3. 新疆阿克苏群	GGF-GF (ch-bi)	cros, (Fe- glau), win, ep, stilp, phen	复理石建造, 含基 性岩	前寒武纪, 可能中 —晚元古代	晚元古代 (1100 Ma)
4. 黑龙江群	GGF-GF (ch-bi-alm)	cros, act, stilp, ep, ms, bi, ga	似复理石型, 含细 碧质岩石	前寒武纪, 可能中 —晚元古代	晚元古代(待定)
加 里 东 期					
5. 甘肃北祁连	GGF-GF (ch-bi-alm) 含榴辉岩	cros, glau, bar, act, clzo, ep, phen, ga, chtd, Na-px	拉斑玄武岩, 超基 性岩, 细碧-角斑岩 (底部), 火山岩系 及硬砂岩系(中 部), 似复理石型 (上部)	寒武-志留纪, 蓝闪 石片岩位于寒武纪 地层中	加里东期
加 里 东—海 西 期					
6. 新疆南天山带	GGF-GF (ch-bi-alm)	cros, glau, act, bar, zo, stilp, phen, ga	复理石建造 (碳酸 盐型), 双模式火山 岩系	寒武—泥盆纪	早海西期
7. 新疆准噶尔西南	LF-PF-GGF -GF(ch)	cros, bar, act, ep, ch	细碧质岩系介于复 理石建造(下部)及 酸性火山沉积岩系 (上部)之间	震旦—奥陶纪	加里东期(?)
8. 内蒙温都尔庙群	GGF-GF (ch)	cros, Mgri, Law, act, ep, pied, phen	蛇绿岩系(底部), 似复理石型, 含碳 酸盐(上部)	震旦—寒武纪	早加里东期 (426 Ma), 有花岗岩侵 入
海 西 期					
9. 云南西部墨江群	GGF-GF (ch)	cros, Mgri, ep, stilp, ser	复理石建造夹基性 岩层	志留—泥盆纪	早海西期, 受中生 代红层变质作用影 响
10. 四川改则—里 塘地区	GGF-GF (ch)	Na-amp, ep, ch	含放射虫燧石岩的 基性岩系(底部), 似复理石型(上部)	可能为二叠纪 (待定)	海西期或印支期
中 生 代—新 生 代					
11. 西藏雅鲁藏布 江地区	PF-GLF-GGF -GF (ch)	cros, Mgri, bar, act, stilp, phen, Law, pump, arag	蛇绿岩系(底部), 复理石建造(上部)	三叠—白垩纪, 个 别地区有第三系	燕山期—新生 代(?)
12. 台湾中部地区	GGF-GF (ch-bi-alm)	cros, Mgri, bar, act, stilp, ep, sps, ms	夹基性、超基性岩 的巨厚泥质岩 (深海成因)	石炭系—中生代	燕山期 (79±7 Ma)

蓝闪石片岩相的标志矿物有钠质角闪石, 冻蓝闪石、透蓝闪石、阳起石、黑硬绿泥石、红帘石、黝帘石、硬玉质辉石以及多硅白云母等。钠质角闪石为青铝闪石-镁钠闪石(见图2), 以镁钠闪石为主。大部分低温变质岩石的白云母具高压特征(9.043—9.061 Å)。常见有钠质角闪石转换为阳起石和多期蓝闪石的细脉以及多期变形事件。陕西、河南等地区的蓝闪石石棉属后期热液产物, 形成时期待定。

蓝闪石片岩的矿物组合有:

基性岩石: Mgri/cros-stilp-ep-ch-ab-(sph), Mgri/cros-act-eh-ep-ab-(qz), win-stilp-ch-ep-ab, bar-stilp-ep-ab.

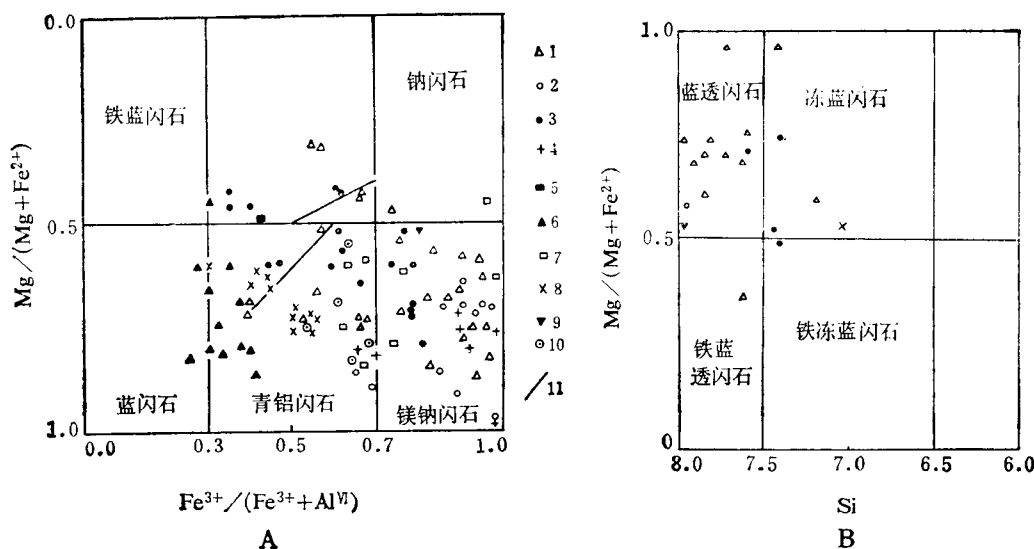


图2 中国蓝闪石片岩的钠质角闪石分类^[4]

Fig. 2 The classification of sodic amphiboles of the glaucophane schists of China

A. 蓝闪石-青铝闪石-镁钠闪石图; B. 透蓝闪石-冻蓝闪石图。

1——安徽^[1]; 2——赵川^[5]; 3——鄂北^[2]; 4——赵川—内乡^[6]; 5——澜沧群, 云南西部^[7]; 6——祁连, 甘肃^[6]; 7——内蒙古温都尔庙群^[8,10]; 8——新疆准噶尔西南部^[10]; 9——西藏雅鲁藏布地区^[11]; 10——黑龙江省黑龙江群^[12]; 11——台湾中部玉里地区^[13]

钠质火山碎屑岩(酸性): Mgri/cros-ms-ep-qz-ab-(pied)

泥质岩石: Mgri-ser/ms-qz (-stilp), ser/ms-qz-pied (-Mgri).

碳酸盐岩石: Mgri-cc-dol-qz (-chtd)

蓝闪石片岩相的原岩建造多种, 主要有复理石建造, 双模式火山岩系, 钠质火山岩及火山沉积岩系以及浅海相碳酸盐系, 无蛇绿岩的明确证据。

2. 云南西部澜沧群蓝闪石片岩带。

该带位于云南西部澜沧江沿岸, 长约 200 公里, 呈 NNW—SEE 向展布, 向南延入缅甸境内, 成为印缅结晶地块的一个组成部分。其上部被奥陶系所覆盖。澜沧群本身含有

1) 荆延仁、张树业等, 安徽低温高压变质带及大地构造性质(送审稿)。

2) 周高志、张树业等, 鄂北蓝片岩带特征及其地质意义(送审稿)。

晚元古代植物化石,同位素年龄为 $806\text{Ma}^{[1]}$ 。它们与下部的大勐龙群关系不清,目前暂定为晚元古代。蓝闪石片岩呈较长的条带分布于绿片岩相岩石中。

蓝闪石片岩主要为蓝闪石白云母石英片岩及蓝闪石绿片岩。特征矿物为青铝闪石、透蓝闪石、黑硬绿泥石、阳起石、绿帘石和多硅白云母 ($b_0 = 9.042 \text{ \AA}$)。冻蓝闪石仅出现于铁铝石榴石级岩石中。主要的矿物组合有:

基性岩: cros-ep-ab, cros-ep-act-ab 有时有石榴石和白云母的变斑晶。泥质岩石: cros-stilp-phen-qz, cros-phen-qz-ab (-chtd)。

澜沧群属于巨厚的白云母石英片岩系的复理石建造,夹有基性火山岩和细碧质火山岩。它们属于印缅古老克拉通内地槽,并在晚元古期内闭合。

3. 新疆阿克苏地区蓝闪石片岩带

蓝闪石片岩带产于塔里木克拉通北缘的阿克苏群中。上部被震旦系紫色粗砂岩(冰碛层)不整合覆盖,同位素年龄为 $1100\text{Ma}^{[12]}$,变质时期暂定为中晚元古代。

变质岩石主要为白云母钠长石片岩,夹有薄层至厚层绿片岩以及少量的变硅铁质石英岩(BIF)。蓝闪石产于白云母钠长石片岩和绿片岩中,构成蓝闪石绿片岩相系。特征矿物为铁蓝闪石-青铝闪石、黑硬绿泥石、黝帘石,阳起石、绿泥石、透蓝闪石和多硅白云母($b_0 = 9.049 \text{ \AA}$)。青铝闪石边缘有阳起石,多阶段变晶显著。

主要矿物组合有:

基性岩石: cros-act-ep-ch-ab (-stilp), Fe-glau/cros-ep-phen-act-ab, win-ep-ch-phen (-stilp)。

碎屑岩石: Fe-glau/cros-phen-stilp-ga-ab-qz。

蓝闪石片岩带的原岩建造可能属于凝灰质复理石建造夹有基性火山岩石。韵律性较明显。

此外,黑龙江的黑龙江群有夹于绿片岩相中的蓝闪石片岩,出现有青铝闪石、黑硬绿泥石和石榴石,其变质时期可能为晚元古代,确切时代待定。

总的说来,晚元古代蓝闪石片岩具有较高的温度(达 500°C),较低的压力(4—7kb)。其平均温度-压力梯度介于中压-高压相系之间,约为 $18\text{—}20^\circ\text{C}/\text{km}$ 。并经历了一个多变质事件的变质作用历史。从其原岩建造的多样性,缺少蛇绿岩系以及有结晶基底(扬子北缘)来看,应属于克拉通内地槽环境,无洋壳出现。其变质作用发生在硅铝质地壳中,与近代俯冲作用似无直接联系。

II. 加里东期克拉通内裂谷型蓝闪石片岩带

这一类型以甘肃北祁连南部的蓝闪石片岩带为代表。总体上看,祁连山地槽是柴达木地块古老结晶基底上出现的裂谷型地槽,地层层序有震旦系—志留系,其上被泥盆纪磨拉石所覆盖。可以划分为三个带、与柴达木地块相似的中间地块,由加里东期绿片岩相变质岩系组成的北带和南带。在柴达木地块南部还出现了几条雏型拗拉槽型的加里东期断

1) 云南省区域地质志,地质篇(印刷中)。

陷槽,其变质作用特征与祁连加里东期变质地带相同。它们代表同一大地构造演化过程中的不同阶段,早期为拗拉槽,后期为裂谷。

蓝闪石片岩带在北带中形成一个长达 200km、宽约 2km 的带,并形成一个由蓝闪石绿片岩相和绿片岩相(包括铁铝榴石带)组成的蓝闪石绿片岩相系。部分地区出现榴辉岩。钠质角闪石大部分为蓝闪石-青铝闪石(见图 2),并常与冻蓝闪石、阳起石、多硅白云母、黝帘石或绿帘石等矿物共生。此外还可以有锰铝榴石、钠质辉石(硬玉分子 8—15%)及硬绿泥石。主要的矿物组合有:

基性岩: $\text{cros-zo}(\text{ep})\text{-act-ch-ab}$

泥质岩石: cros-ms-zo-qz-ga , cros-zo-ms-qz-cht 。

变质岩系主要由千枚岩、白云母(绢云母)石英片岩、变粒岩、绿片岩和细碧质岩石组成。其原岩建造自上而下有所变化。上部为含凝灰质及碳酸盐岩的复理石建造;中部为间断性的酸性火山岩及基性火山岩系;下部出现细碧-角斑岩系、亲碱性的拉斑玄武岩及超铁镁质岩石底辟体。蓝闪石片岩常产于寒武纪岩层内。其主要岩石类型除青铝闪石白云母黝帘石片岩及青铝闪石绿片岩外,还有燧石岩及超镁铁质岩体。鉴于有青铝闪石-蓝闪石的出现,这一平均温度压力梯度应较晚元古代略低,接近 $15^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 。

原岩建造的变化反映了裂谷形成阶段中曾发生了强烈的升降运动。蓝闪石片岩带形成的原始大地构造环境可能为一个裂谷内的狭长深海槽,表现为蓝闪石片岩发育在以广泛的绿片岩相变质岩系为背景的狭长地带中。

III. 古生代中国陆台北缘蓝闪石片岩带

该带属于中国陆台和西伯利亚陆台之间的中亚地槽的一部分,位于中国陆台北侧,称为天山-兴安变质地区。这一变质地区的地层由震旦系直至石炭系组成。变质时期出现连续的加里东期和海西期。但它们在不同的地区结束的时间有早有晚。天山变质亚区更是如此。

在天山-准噶尔地区同一变质地带中,原岩建造变化较大。呈现出互相交叠的现象。主要的原岩建造为含碳酸盐的复理石建造、火山质复理石(含基性岩)建造。此外还有浅海型沉积岩、双模式火山岩系,非层序性蛇绿岩和含燧石层的细碧岩系。准噶尔地区的蛇绿岩分属不同时期,夹于双模式火山岩系或火山质复理石岩系之中,无基性岩墙群¹⁾。超基性岩属后期侵位的底辟岩体。上述原岩建造表明其不具洋壳性质。整个原岩建造序列表现出较大幅度的上升和裂陷-沉陷作用(rift and sag process),形成了深海相建造和浅海相建造相间的现象。一些地区有前寒武纪结晶基底同或构造期花岗岩出现。

此类蓝闪石片岩带分布于天山,准噶尔及内蒙等地,分述如下:

1. 新疆南天山地区

该带大致沿南天山的汗腾格断层展布,呈东西向,长约 300 公里,宽约 12—15 公里,向西延入苏联境内。发育奥陶系、泥盆系,其上被下石炭统所覆盖。其变质作用暂定为早

1) 新疆维吾尔自治区区域地质志,侵入岩篇(印刷中)。

海西期。

该蓝闪石片岩带属蓝闪石-绿片岩相系。大部分钠质角闪石为青铝闪石或蓝闪石。共生的矿物有黝帘石、钠质辉石、黑硬绿泥石、多硅白云母、阳起石以及少量的石榴石和冻蓝闪石,有时可见青铝闪石的反应边。

主要的矿物组合有:

基性岩: glau/cros-Na-px-zo-ab-(phen), glau/cros-clzo-ab-(alm), glau/cros-act-ep-ab-(bar)

泥质岩石: glau/cros-phen-stilp-ch-qz, glau/cros-alm-phen-ch-qz-(ab)

其变质作用属于绿片岩相型,底部有时有双模式火山岩系。

2. 新疆准噶尔西南部

这一蓝闪石片岩带属准噶尔—北天山埋深变质地带的西南部分。一些材料表明它们产于奥陶纪地层中,其上部的志留系底砾岩中含有蓝闪石片岩的砾石。但这一埋深变质地带中的志留系和泥盆系亦遭受同一变质,应属海西期变质作用。因此,关于蓝闪石片岩的形成变质时期仍有争论,目前暂定为加里东期。

这一蓝闪石片岩带属亚绿片岩相系,包含浊沸石及葡萄石-绿帘石相及蓝闪石-绿片岩相。蓝闪石绿片岩常成透镜状出现在含燧石层的细碧质岩系中。延长可达 80km。主要的岩石类型有两种:含青铝闪石蓝片岩,矿物组合为 cros-ep-ch-ab-(act/bar);另一种是含不定向青铝闪石的细碧岩。

该带蓝闪石片岩的原岩可能属非层序性蛇绿岩,产于巨厚的火山-碎屑岩系之中,上部为酸性火山岩系,下部为复理石建造。

目前这一蓝闪石片岩带暂定为亚绿片岩相系(高压相系)。其原岩建造的特点表明它们可能是陆壳拉伸所产生的局部裂谷环境的产物。由于陆壳减薄,形成了广泛的新的玄武岩地壳屏障。同时也出现了陆壳深熔的硅质火山岩系。

3. 内蒙古温都尔庙地区

该蓝闪石片岩带位于温都尔庙加里东变质地带的北带,沿锡林浩特-苏尼特右旗一线成东西向展布。蓝闪石片岩产于震旦系及寒武系中,属早加里东期绿片岩相变质作用。同位素年龄为 $426 \pm 15 \text{Ma}^{[4]}$,南带则属晚加里东期绿片岩相带。

这一蓝闪石片岩带属蓝闪石绿片岩相系,由蓝闪石绿片岩相和绿片岩相(绿泥石级)组成。钠质角闪石为青铝闪石-镁钠闪石,并与硬柱石、黑硬绿泥石、红帘石、多硅白云母及钙质角闪石共生。

主要矿物组合有:

基性岩石: Mgri/cros-stilp-ep-ch-ab-(qz-sph), law-ep-ch-ab-(sph)

泥质岩石: Mgri/cros-stilp-phen-qz-ab-(pied-tc)

此外还有含蓝闪石的大理岩和磁铁石英岩。其原岩建造的上部为含碳酸盐的似复理石型,下部为枕状基性火山岩及岩墙群、燧石层及磁铁石英岩等,可能属蛇绿岩系,并相当于一种由陆壳拉张后所出现的裂谷型的玄武岩地壳。加里东期花岗岩体侵入于这一岩系

中。

总体来看,这一类蓝闪石片岩带可以表现为亚绿片岩相系或蓝闪石绿片岩相系。其变质作用温度较晚元古代蓝闪石变质作用要低(200—400℃)。钠质角闪石中蓝闪石分子含量范围较宽(80—50%),其平均温度压力梯度也比晚元古蓝闪石片岩带要低。鉴于其中部分地区出现前寒武纪结晶基底及同构造花岗岩的特征,以及原岩建造的多样性,该蓝闪石片岩带应形成于大体相当于克拉通边缘的陆壳拉伸所产生的狭长裂谷带内。因此这一类型与一般沿太平洋的大陆边缘活动带发生的蓝闪石变质作用有所不同。

IV. 中新世与近代俯冲作用有关的蓝闪石片岩带

此类蓝闪石片岩带分布在两个地区:西藏南部及台湾中部。前者属特提斯—喜马拉雅区,后者为古环太平洋带。

1. 藏南雅鲁藏布江带

该带位于雅鲁藏布江沿岸,呈不连续的带状分布。长约 1600km。发育由三叠—白垩纪的地层,有时有第三系。该蓝闪石片岩带的亚绿片岩相系,变质时期为晚白垩至早第三纪。变质相系为亚绿片岩相系:绿帘石相—蓝闪石—硬柱石相—蓝闪石绿片岩相—硬绿泥石千枚岩系。

蓝闪石主要产于变质基性岩中,主要矿物有钠质角闪石(镁钠闪石—青铝闪石)、冻蓝闪石、钙质角闪石、黑硬绿泥石、多硅白云母以及少量硬柱石、绿帘石和文石。

其原岩建造的下部为上三叠纪的蛇绿岩系伴有深海硬砂岩,上部为早侏罗世—晚白垩世的复理石建造。

文石和其它高压矿物的出现表明,该带的平均温度压力梯度较低,可能为 10—14℃/km。据地质资料看,该蓝闪石片岩带应代表印度板块内部小洋盆由于俯冲作用产生的古老缝合线。

2. 台湾中部地区

位于台湾中央山脉的东侧,沿瑞穗断裂带呈南北向发育着一条蓝闪石片岩带,称为玉里带。由石炭纪—中生代的玉里组和太鲁阁组组成的中央山脉遭受了绿片岩相型变质作用(包括铁铝榴石级)。变质作用为燕山期,同位素年龄为 $79 \pm 7 \text{Ma}^{[15]}$ 。它们构成了该区前第三纪的结晶基底。这一蓝闪石片岩带发育在铁铝榴石带中。主要矿物有:青铝闪石、镁钠闪石、钙质角闪石、冻蓝闪石、黑硬绿泥石、含锰石榴石、绿帘石和白云母。常见到钠质角闪石与冻蓝闪石之间转化的现象。有人认为蓝闪石是由冻蓝闪石变来的,是新生代时期板块俯冲作用的结果^[13]。但这一结论的地质依据不够充分。目前其时代仍定为燕山期。

玉里组的原岩建造为巨厚的含有基性岩石和超基性岩体的泥质岩石,它们具有深海相沉积的特点,可称之为泥质深海槽(?) (argillite trench?)^[15]。它们可能在燕山期时与大陆相连,并与东南沿海的燕山期低压相系变质带形成双变质带。新生代后形成南中国边缘海,导致与大陆分隔并形成台湾中央山脉^[15]。

三、几点结论

根据近代变质反应实验结果和蓝闪石晶体化学的研究。蓝闪石片岩相可按照温度划分出两个相区：蓝闪石-硬柱石相和蓝闪石-绿片岩相。它们与其它变质相组合成不同的变质相系，可称为亚绿片岩相系和蓝闪石-绿片岩相系，它们代表着高压范围内不同的平均温度-压力梯度。

从蓝闪石片岩形成的温度压力梯度和地质环境来看，中国的蓝闪石变质作用往往发生于中国变质历史中每一变质巨旋回的晚期(绿片岩相或埋深变质作用)。晚元古代的蓝闪石变质作用以蓝闪石绿片岩相系为主，根据其出现铁铝榴石带和大量的镁钠闪石、其平均温度压力梯度可能与中压相系相近(18—20℃/km)。它们的原岩以沉积岩系、火山沉积岩系及双模式火山岩为主，无蛇绿岩系，并出现结晶基底。看来它们应是形成于地壳拉张并开始沿断裂下沉的地质环境。蓝闪石片岩变质作用发生在硅铝层内的造山带中(ensialic orogeny)。

显生宙的蓝闪石片岩带(古生代和中生代)出现亚绿片岩相系和蓝闪石绿片岩相系。它们的形成温度较低，往往出现较多的青铝闪石和蓝闪石。其温度压力梯度在不同的地区有所不同，但总体上倾向于高压相系，大致为15℃/km。这一地质时期的蓝闪石片岩带的原岩建造类型也比晚元古代要复杂些。除沉积及火山-沉积岩系外，还可以出现层序性或非层序性蛇绿岩。产于复理石建造及火山沉积岩系中的深海细碧质岩石，它们代表着陆壳的进一步拉张和减薄及地幔岩浆上涌的大地构造环境。这一地质时期大部分蓝闪石变质作用仍发生于硅铝层上的环境下，可能代表A型俯冲的条件(Ampferer subduction)。

近代的蓝闪石片岩带如鲁藏布江变质地带代表较典型的高压相系变质作用，是印度板块内部小洋盆聚合时发生俯冲作用的产物。属于喜马拉雅运动的前驱。

总的看来，蓝闪石变质作用的形成、演化特征与地质构造环境有关。中国境内大部分蓝闪石片岩带都形成于硅铝质环境中，它们可以从地壳开始裂开的状态到洋壳形成的条件产生。与此同时，相应地由A型俯冲转为B型俯冲。看来由于长期的变质历史中热流格局的变化，蓝闪石变质作用的形成机理不同于均变论的观点。

本文受国家自然科学基金委员会的资助和支持，特此表示感谢。

附 录

1. 变质矿物符号

ab 钠长石	act 阳起石	alm 铁铝石榴石	arag 文石
bar 冻蓝闪石	bi 黑云母	ch 绿泥石	chtd 硬绿泥石
clpx 单斜辉石	clzo 斜黧帘石	cros 青铝闪石	dol 白云石
ep 绿帘石	Fe-glau 铁蓝闪石	grp 石墨	heu 片沸石
hm 赤铁矿	jd 硬玉	jd-px 硬玉质辉石	kf 钾长石
kyan 蓝晶石	laum 浊沸石	law 硬柱石	Mgri 镁钠闪石
mic 微斜长石	ms 白云石	mt 磁铁矿	Na-amp 钠质闪石
Na-px 钠质辉石	omp 绿辉石	phen 多硅白云母	pied 红帘石
plag 斜长石	preh 葡萄石	pump 绿纤石	px 辉石
qz 石英	ser 绢云母	sph 榍石	spg 锰铝石榴石
stilp 黑硬绿泥石	tc 滑石	tr 透闪石	wai 斜钙沸石
win 透蓝闪石	zo 黧帘石		

2. 变质相符号

PPF 葡萄石-绿纤石相

LF 浊沸石相

PF 绿纤石相
GGF 蓝闪石—绿片岩相
AF 角闪岩相

GLF 蓝闪石—硬柱石相
GF 绿片岩相

参 考 文 献

- [1] Maruyama, S., Cho, M., and Liou, J. G., 1986, Experimental investigations of blueschist-green-schist transition equilibria: pressure dependence of Al_2O_3 contents in sodic amphiboles — a new geobarometer. *Geol. Soc. Am. Mem.* pp 1—16.
- [2] Brown, E. H., 1977, The crossite content of Ca-amphibole as a guide to pressure of metamorphism. *J. Petrol.* v. 18, pp. 53—72.
- [3] Dong Shenbao, Shen Qihan, Sun Dazhong, and Lu Liangzhao, 1986. *Metamorphic Map of China*. Geological Publishing House.
- [4] Leake, B. E. Compiler for Subcommittee on Amphiboles, I. M. A., 1978. Nomenclature of amphiboles. *Am. Miner.* 63, pp 1023—52.
- [5] 汤跃庆、许志琴, 1986, 东秦岭和赵川蓝片岩及其构造意义, 西安地质矿产研究所所刊, 第12号。
- [6] 吴汉泉, 1980, 东秦岭和北祁连的蓝闪石片岩, 地质学报, 54卷, 第3期, 195—207页。
- [7] 周维泉, 1982, 澜沧江变质带南段蓝闪石片岩特征, 中国区域地质, 第二期。
- [8] 胡晓, 1983, 内蒙古地槽区的蓝片岩及其地质特征, 中国北方板块构造文集(1) 辽宁科技出版社, 230—240页。
- [9] 颜竹筠和唐克东, 1984, 内蒙古温都尔庙群高压变质带中几个标型矿物特征, 中国地质科学院院报, 第10号, 179—91页。
- [10] 郭义华, 1983, 新疆唐巴勒地区的蓝闪石片岩, 中国北方板块构造文集(1), 89—103页。
- [11] 肖序常和高延林, 1984, 西藏雅鲁藏布江缝合带中段高压低温变质带的新认识, 喜马拉雅地质, 1—18页, 地质出版社。
- [12] 高延林, 1984, 中国的蓝片岩, 中国地质科学院地质研究所所刊, 第10号61—76页。
- [13] Liou, J. G., Ho, C. O. and Yen, T. P., 1976. Petrology of some glaucophane schists and related rocks from Taiwan. *J. Petrol.* v16, pp80—109.
- [14] 王秉方, 1983, 内蒙古白乃庙古生代岛弧岩系的地球化学及同位素年龄测定, 中国北方板块构造文集(1), 辽宁科技出版社, 210—219页。
- [15] Ernst, W. G., 1983, Mountain building and metamorphism: a case history from Taiwan. *Mountain building*, pp 247—266, Academic Press, London.

THE GENERAL FEATURES AND DISTRIBUTIONS OF THE GLAUCOPHANE SCHIST BELTS OF CHINA

Dong Shenbao

(Department of Geology, Peking University)

Abstract

On the basis of the temperature variation the glaucophane schist facies may be classified into two facies groups, the glaucophane-lawsonite and the glaucophane-green-schist facies groups, and forms various facies series with other metamorphic facies to reflect the imposed temperature-pressure gradient. Glaucophane schist belts of China are of different types with regard to their average temperature-pressure gradient and tectonic environment. They are: (1) Proterozoic glaucophane schist belts within the ancient craton, (2) Caledonian intra-cratonic glaucophane schist belts, (3) Palaeo-

zoic per-cratonic glaucophane schist belts along the northern margin of the China Platform, and (4) Mesozoic-Cenozoic glaucophane schist belts related to recent subduction.

The glaucophane schist metamorphism may occur and develop under different tectonic conditions. Most glaucophane schist belts of China are likely to be formed in ensialic environments. First the crust began to rupture and eventually oceanic crust was formed. A non-uniformitarian mechanism may be involved as this evolution is related to the change of the configuration of the heat flow within the crust.

作 者 简 介

董申保, 生于 1917 年 9 月。1940 年毕业于北京大学地质系, 1948 年去法国留学。长期从事变质岩及其矿床的研究, 已发表多篇论文和专著。现任北京大学地质系教授, 中国科学院学部委员。通讯地址: 北京市海淀区北京大学地质系; 邮政编码: 100871。