

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

# 东秦岭和北祁连山的蓝闪片岩

吴 汉 泉

(西安地质矿产研究所)

近十多年来, 蓝闪片岩的研究越来越引起国内外岩石学家、矿物学家、地质构造学家的浓厚兴趣和广泛重视<sup>[1][2][3][4]</sup>, 新的蓝闪片岩产地不断被发现, 对它的研究工作也在不断深入。双变质带概念的提出、实验岩石学的研究成果以及我国学者对于碎裂变质作用和应力矿物的研究, 都使人们从不同的方面提高了对这类岩石重要性的认识<sup>[5][6][7][8][9][10][27]</sup>。确实, 研究蓝闪片岩对人们了解它所处的特定区域构造位置、应力场条件、地壳运动形式, 认识地球上部壳圈构造演化历史, 查明各种矿产的区域分布规律, 都有着重大的理论意义和实际意义。前几年, 我们在东秦岭和北祁连山的蓝闪片岩发育区进行了地质调查, 作过一些岩石矿物研究工作。下面就蓝闪片岩的产出特点、岩石类型、矿物共生组合以及变质矿物特征等进行介绍。

本文是根据 1973 至 1974 年的成果整理而成。工作中始终得到李春昱先生的指导。参加野外地质调查的有谢振良、刘仰文、朱宝清、冯益民。河南省地质局六队、陕西省地质局十三队、青海省地质局二队的许多同志给予支持, 西安地质矿产研究所一室和七室同志给予不少帮助, 在此一并表示感谢。

## 一、蓝闪片岩的分布位置和产出特征

东秦岭和北祁连山的蓝闪片岩呈断断续续的狭长条带分布, 与古老的线型蛇绿岩共生, 世界其他地区蓝闪片岩带的产出也属这种情况<sup>[9]</sup>。

### (一) 分布位置

蓝闪片岩带的分布见图 1。东秦岭的蓝闪片岩出露在东秦岭印支地槽褶皱带东部, 即陕、豫、鄂三省交界一带。蓝闪片岩分南、北两带, 分别延长达一百公里和一百八十里。沿山阳—内乡断裂带展布, 并有梁家湾、木家垭、中蒲堂、黄龙寨基性、超基性岩带相随。它赋存在震旦亚界跃岭河组—马头山组、陡山沱组及志留系岩石中。它们是偏碱富铝的玄武岩类(已变质成为绿帘阳起片岩、钠长阳起片岩等)、次火山岩(辉绿岩及辉绿玢岩)以及地槽型火山喷发沉积岩、复理石相泥质碎屑岩等岩石, 其中有些可能是古洋壳残片。

北祁连山的蓝闪片岩产于祁连山加里东褶皱带, 主要分布在青海省祁连县境及相邻的甘肃省部分地区。也分南北两带, 其南带东西延伸一百多公里。清水沟—百经寺超基性岩带以及黑河深断裂与之紧密相伴。蓝闪片岩赋存在一套具韵律特点的变质基性、中基性、中酸性火山岩、硅质岩和沉积碎屑岩中。同样, 这些岩石可以是古洋壳的组成部

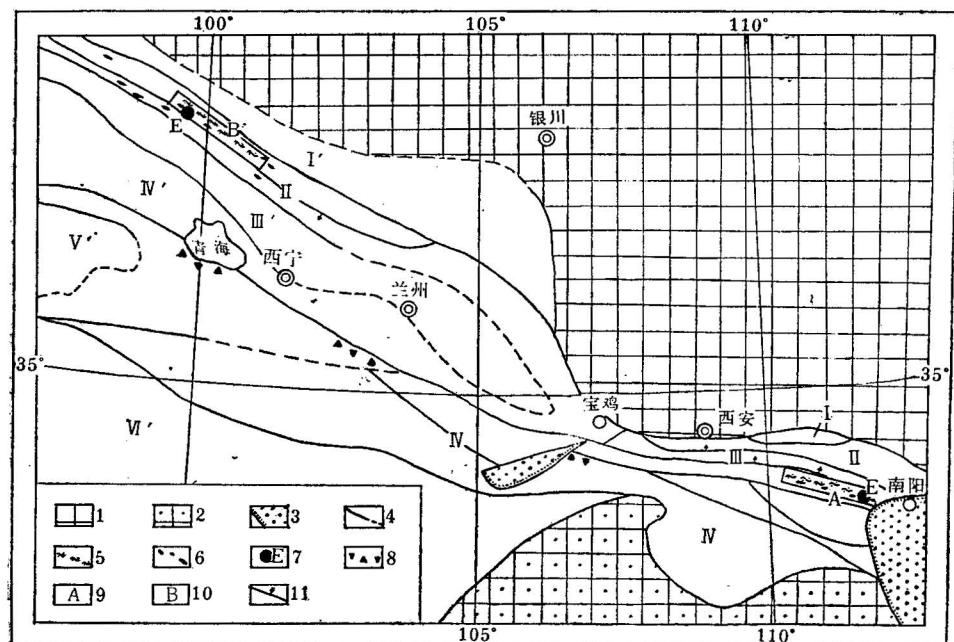


图1 蓝闪片岩带分布图

I 洛南-秦川加里东褶皱带; II 北秦岭隆起; III 北秦岭加里东褶皱带; IV 秦岭印支褶皱带; I' 走廊加里东褶皱带; II' 北祁连山加里东褶皱带; III' 中祁连山隆起; IV' 南祁连山加里东褶皱带; V' 柴达木中间地块; VI' 阿尼玛卿印支褶皱带; 1 华北地台; 2 扬子准地台; 3 陆相沉积盆地(晚燕山期); 4 深断裂及推测深断裂; 5 蓝闪片岩带; 6 蛇绿岩带; 7 C类榴辉岩(东秦岭者有的退变成榴闪岩); 8 混杂堆积; 9 东秦岭蓝闪片岩产地以及冠以“73III”的标本采集地; 10 北祁连山蓝闪片岩产地以及冠以“74III”的标本采集地; 11 俯冲线及俯冲方向

分<sup>[11]</sup>。

必须指出, 东秦岭和北祁连山的蓝闪片岩除伴随线型蛇绿岩外, 还往往有榴辉岩出露。

## (二) 产出特征

由于温压条件的一些微小差异以及蓝闪石等矿物多阶段生成的特点, 所以蓝闪片岩的产出形态是多种多样的, 其形态特征:

1. 岩石具有片理。片理产状和区域构造线一致。如北祁连山清水沟和东秦岭周家院

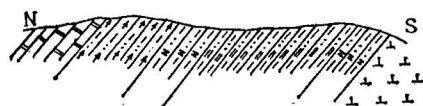


图2 陕西周家院蓝闪片岩剖面

1. 大理岩
2. 蓝闪多硅白云母石英片岩
3. 白云石英钠长片岩
4. 二云石英片岩
5. 闪长岩(变质)

(图2) 的蓝闪片岩所见, 其中不同矿物组合的岩石各自呈团块状或条带状, 长轴方向也和区域构造线一致。

2. 岩石有清晰的剪切裂隙。由图版I-6可以看到硷性玄武岩(细碧岩)的剪切裂隙中有细小铝铁闪石(青铝闪石)斜交剪切面产出, 裂隙以外的铝铁闪石、镁钠闪石和绿泥石、钠长石一起形成小褶曲。这些剪切裂隙具备典型扭性结构面特

征<sup>[8][12]</sup>,它是经历了千糜岩化过程而生成的。

3. 岩石呈角砾状。北祁连山和东秦岭都见有蓝闪石矿物产在具角砾状构造的岩石中,其中角砾及其胶结物都含蓝闪石,表明它是多阶段重结晶的结果。

4. 岩石呈脉体产出。东秦岭呈脉状产出的镁钠闪石往往伴有硅化、阳起石化、和碳酸盐化;北祁连山的中后期蓝闪石矿物往往呈单矿物岩或者和绿帘石等一起呈不规则脉状产出,它往往穿插早期生成的蓝闪石、绿泥石组合。

据报道<sup>[6]</sup>,美国佛兰西斯堪高压变质岩石没有片理,而日本的含蓝闪石岩石是有片理的。就此而论,我国东秦岭和北祁连山蓝闪片岩的产出则具备更多的特点。

## 二、蓝闪片岩的矿物组合和岩石化学特征

岩石的不同矿物组合,反映了原岩的不同成分和形成时温度、压力环境的差别,因此矿物组合的研究是十分重要的。由于构造应力在时间和空间上的变化和原岩成分的不均一性,给矿物组合的分类增加了困难,现借助显微镜研究和岩石化学分析作如下归纳。

### (一) 东秦岭蓝闪片岩矿物组合

1. 原岩为基性火山岩、次火山岩的组合是铝铁闪石(或蓝闪石)-钠长石-绿泥石(图版 I-6),此外还有少数绿帘石、白云母、阳起石和石英(蓝闪石只见于布家沟),白云母中有许多是多硅白云母。

2. 原岩为中基性火山碎屑岩者(已变质成黑云绿泥斜长片麻岩),矿物组合是镁钠闪石(铝铁闪石)-钠更长石-绿泥石,此外还有方解石及绿色黑云母。

3. 原岩为长英质岩石(中酸性火山岩)的组合是铝铁闪石(镁钠闪石)-钠长石,也有部分石英,并有霓石和蓝绿色电气石产出。

4. 原岩为碳酸盐岩(其中多含铁质),矿物组合是铝铁闪石(或镁钠闪石)-方解石,也有一定数量的钠长石、褐铁矿和石英,还有硬绿泥石产出。

此外,河南省南阳独山玉石(变辉长岩)中含硬玉,与它共生的还有斜长石和黝帘石等矿物。它位于蓝闪片岩带向东的延伸线上。

### (二) 北祁连山蓝闪片岩矿物组合

1. 原岩为硅质岩的矿物组合是蓝闪石-石英(图版 I-1),往往还有硬绿泥石、白云母和石榴石等矿物。硅质岩出现硬绿泥石时则不含蓝闪石。

2. 原岩为基性、中基性火山岩的矿物组合是蓝闪石-绿帘石-绿泥石-白云母或蓝闪石-绿泥石-白云母。这里,石英普遍存在,白云母中有多硅白云母;有的还见到黑硬绿泥石(图版 I-2)、钠长石。有的部位出现较多的石榴子石和黝帘石变斑晶,绿帘石多由绿纤石变成(图版 I-4),这种现象对研究蓝闪片岩的生成过程是有意义的。

3. 原岩为白云质灰岩的矿物组合是白云石-铝铁闪石或者白云石-铝铁闪石-石英-绿帘石。有时有绿闪石产出。前者白云石占岩石百分之九十,后者仅占百分之五十。

4. 蓝闪榴辉岩的组合是蓝闪石-铝石榴石-碱性辉石,且往往有绿帘石、硬绿泥石、多硅白云母及石英、绿闪石等矿物。

产于超基性岩接触带的岩石,其组合为铝铁闪石(近岩体镁钠闪石数量增多)-石英-电气石,一般离超基性岩越近,棕色电气石、铝铁闪石(镁钠闪石)越多,距离远者则石英增多,表明原岩为硅质岩。

表 1 岩石化学分析数据<sup>1)</sup>

| 顺 序 号                 |                                | 1                   | 2                  | 3               | 4                 | 5              | 6                    | 7               | 8               | 9                         | 10              |
|-----------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------|-----------------|-------------------|----------------|----------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|-----------------|
| 编 号                   |                                | 73III ZK<br>19-10   | 73III<br>P52-5     | 73III<br>P058-1 | 73III<br>综-7      | 74III<br>清剖 07 | 74III<br>清剖 056      | 74III<br>清剖 085 | 74III<br>清剖 037 | 74III<br>百 027            | 74III<br>清剖 071 |
| 岩石名称                  |                                | 含铝铁闪<br>石变碱性<br>玄武岩 | 含霓铝铁<br>闪石钠长<br>片岩 | 铝铁闪石<br>钠长岩     | 透闪石化<br>硬玉斜<br>长岩 | 含白云母<br>斜长岩    | 含多硅白<br>云母蓝闪<br>石英片岩 | 含石榴石<br>蓝闪片岩    | 变辉绿岩            | 含石榴石<br>多硅白云<br>母蓝闪<br>片岩 | 蓝闪<br>榴辉<br>岩   |
| 产 地                   |                                | 东 秦 岭               |                    |                 |                   | 北 祁 连 山        |                      |                 |                 |                           |                 |
| 重<br>量<br>百<br>分<br>比 | SiO <sub>2</sub>               | 52.83               | 63.98              | 57.91           | 43.68             | 47.08          | 85.01                | 58.01           | 53.09           | 49.24                     | 49.40           |
|                       | TiO <sub>2</sub>               | 1.93                | 1.03               | 0.88            | 0.25              | 1.75           | 0.19                 | 0.38            | 0.63            | 1.27                      | 1.15            |
|                       | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 8.80                | 14.77              | 7.13            | 30.95             | 14.22          | 6.22                 | 12.86           | 14.85           | 15.29                     | 15.88           |
|                       | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 8.89                | 4.47               | 11.61           | 0.80              | 4.45           | 1.50                 | 2.11            | 1.56            | 3.92                      | 3.89            |
|                       | FeO                            | 7.83                | 1.29               | 4.13            | 0.90              | 10.06          | 2.12                 | 6.84            | 6.86            | 6.54                      | 8.33            |
|                       | MnO                            | 0.17                | 0.03               | 0.03            | 0.02              | 0.25           | 0.28                 | 0.22            | 0.13            | 0.19                      | 0.236           |
|                       | MgO                            | 7.58                | 2.26               | 7.49            | 1.36              | 6.71           | 1.12                 | 6.20            | 8.42            | 5.09                      | 5.36            |
|                       | CaO                            | 1.94                | 0.32               | 0.23            | 19.77             | 8.74           | 0.55                 | 3.75            | 5.18            | 11.18                     | 8.61            |
|                       | Na <sub>2</sub> O              | 5.68                | 8.54               | 6.53            | 0.84              | 2.33           | 0.86                 | 3.04            | 4.68            | 2.71                      | 4.74            |
|                       | K <sub>2</sub> O               | 0.26                | 0.14               | 0.00            | 0.08              | 1.30           | 1.40                 | 0.80            | 0.20            | 0.96                      | 0.74            |
|                       | CO <sub>2</sub>                | 0.67                |                    | 0.00            | 0.11              | 0.49           |                      | 1.66            | 0.25            | 2.29                      | 0.11            |
|                       | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.20                | 0.09               | 0.013           | 0.01              | 0.17           | 0.057                | 0.038           | 0.06            | 0.118                     | 0.318           |
|                       | H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>  | 2.75                | 1.11               | 2.06            | 0.07              | 2.20           | 1.00                 | 3.97            | 3.20            | 1.22                      | 0.68            |
|                       | H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>  | 0.29                | 0.83               | 1.20            | 0.11              | 0.29           | 0.05                 | 0.03            |                 | 0.13                      | 0.08            |
|                       | SO <sub>3</sub>                | 0.091               | 0.16               | 0.010           |                   | 0.014          | 0.007                | 0.001           |                 | 0.001                     |                 |
|                       | F <sup>2)</sup>                |                     | 0.42               | 0.30            |                   | 0.42           |                      |                 |                 |                           |                 |
|                       | Σ                              | 99.91               | 99.67              | 99.69           | 98.95             | 100.47         | 101.36               | 99.95           | 100.01          | 100.15                    | 99.53           |
| 尼<br>格<br>里<br>数<br>值 | al                             | 13.5                | 33.5               | 14.9            | 41.8              | 19.5           | 34.3                 | 28.8            | 22.7            | 22.2                      | 22.6            |
|                       | fm                             | 65.5                | 32.8               | 61.8            | 7.7               | 51.5           | 43.8                 | 52.5            | 50.7            | 39.9                      | 43.3            |
|                       | c                              | 5.6                 | 1.2                | 0.9             | 48.5              | 21.9           | 5.6                  | 12.7            | 14.5            | 29.7                      | 22.1            |
|                       | alk                            | 15.1                | 32.5               | 22.4            | 2.0               | 7.1            | 16.3                 | 11.0            | 12.1            | 8.2                       | 12.0            |
|                       | c/fm                           | 0.085               | 0.037              | 0.015           | 6.3               | 0.43           | 0.13                 | 0.24            | 0.28            | 0.74                      | 0.51            |
|                       | si                             | 140.0               | 246.4              | 205.9           | 100.1             | 109.8          | 701.7                | 182.6           | 140.0           | 121.7                     | 119.1           |
|                       | ti                             | 3.83                | 3.04               | 2.4             | 0.55              | 3.1            | 1.7                  | 0.95            | 1.2             | 2.4                       | 2.0             |
|                       | co <sub>2</sub>                | 2.39                |                    |                 | 0.28              | 1.5            |                      | 7.2             | 0.9             | 7.7                       | 0.3             |
|                       | h                              | 26.8                | 25.1               | 38.7            | 0.02              | 19.5           | 33.1                 | 41.9            | 27.7            | 11.1                      | 6.2             |
|                       | k                              | 0.2                 | 0.03               |                 | 0.50              | 2.0            | 0.92                 | 0.8             | 0.03            | 1.3                       | 0.3             |
|                       | mg                             | 2.9                 | 2.01               | 3.0             | 0.40              | 3.3            | 0.61                 | 2.9             | 4.0             | 3.2                       | 3.1             |
|                       | qz                             | 156.3               | 46.4               | 167.1           | 7.9               | -18.6          | 446.5                | 38.6            | -8.4            | -11.8                     | -28.9           |
|                       | A                              | 30.8                | 66.6               | 37.0            | 44                | 20.4           | 50.0                 | 33.1            | 16.6            | 32.3                      | 31.3            |
|                       | C                              | 4.3                 | 32.1               | 0.3             | 49                | 20.9           | 7.1                  | 60.0            | 18.3            | 26.8                      | 43.7            |
|                       | F                              | 64.9                | 1.3                | 62.7            | 7                 | 54.7           | 42.9                 | 6.9             | 65.1            | 40.9                      | 25.0            |

1) 重量百分数由西安地质矿产所李金炎、丁良洪、谢立荣、宋玉安等分析获得。

2) 光谱检查数据。

### (三) 岩石化学特征

过去,曾把  $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和  $\text{Al}_2\text{O}_3$  看作为蓝闪片岩的独立组分,认为作 ACF 图或 AKF 图比较困难<sup>[13]</sup>。现在,大多把蓝闪片岩生成前后的化学成分认作是没有变化的<sup>[8]</sup>,这是我们恢复变质岩原岩,进行矿物共生分析的基础。表 1 列出了东秦岭和北祁连山一些样品的化学分析数据、尼格里数值和 A、C、F 数值,据此作出了尼格里四面体展开图、 $al-alk$  对 C 图解和 ACF 图,以相资验证。

限于篇幅,尼格里数值计算方法以及它的四面体展开图未列出。对于 A、C、F 数值的计算要说明的是,其中的  $A'$  值,属蓝闪片岩者系由  $[\text{Al}_2\text{O}_3] + [\text{Fe}_2\text{O}_3]$  的分子数求得,其它岩石则依据  $[\text{Al}_2\text{O}_3] + [\text{Fe}_2\text{O}_3] - [(\text{Na}_2\text{O}) + (\text{K}_2\text{O})]$  算出。

由  $al-alk$  对 C 值 (见图 3) 和四面体展开图: (1) 除 4.6 外,其余均投点于火成岩区。样品 4 显然也属火成岩。样品 6 在尼格里四面体展开图上位于火成岩与残余粘土沉积物交界线上;图 3 上则位于离火成岩区一定距离的长石质粘土和杂砂岩区附近。野外观察和镜下鉴定为硅质岩。可以说,图解反映了与火山喷发相关的搬运沉积特点。(2) 在  $al-alk$  对 C 图解上,东秦岭和北祁连山样品各有自己集中的范围和趋势。(3) 结合镜下观察可知表 1 中 K 值大于 0.36 的岩石,含钾矿物是白云母或多硅白云母。(4)  $qz$  值大于 12.0 的样品,镜下见有石英。9 号虽  $qz$  值小于 12.0,

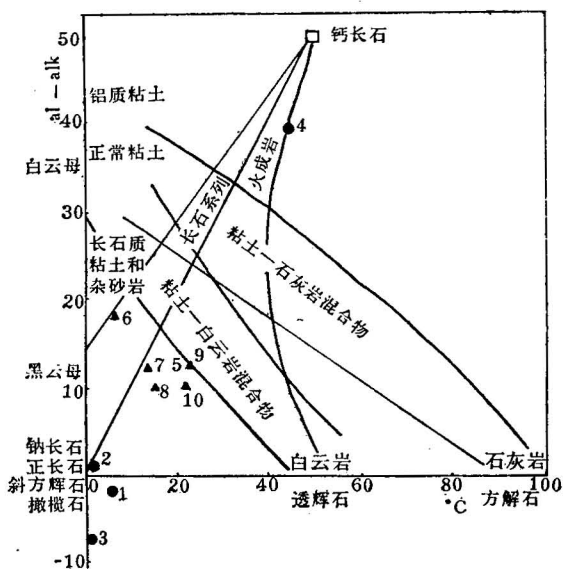


图 3 尼格里值  $al-alk$  对  $c$  的图解

除样品 4.6 以外,落点都在火成岩范围内,并有一个聚集趋势

●东秦岭样品 ▲北祁连山样品

野外观察和镜下鉴定为硅质岩。可以说,图解反映了与火山喷发相关的搬运沉积特点。(2) 在  $al-alk$  对 C 图解上,东秦岭和北祁连山样品各有自己集中的范围和趋势。(3) 结合镜下观察可知表 1 中 K 值大于 0.36 的岩石,含钾矿物是白云母或多硅白云母。(4)  $qz$  值大于 12.0 的样品,镜下见有石英。9 号虽  $qz$  值小于 12.0,

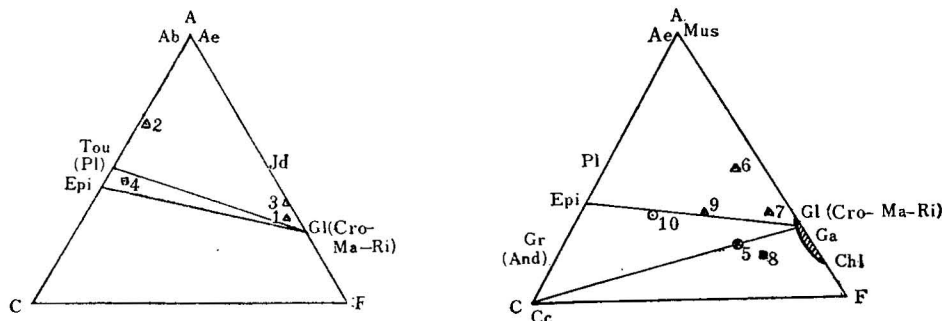


图 4 东秦岭(左)和北祁连山(右)蓝闪片岩等岩石的 ACF 图

Gl 蓝闪石 CrO 铝铁闪石 Ma-Ri 镁钠闪石 Ab 钠长石 Epi 绿帘石 Tou 电气石 Ae 霓石 Jd 硬玉 Pl 斜长石 Mus 白云母 Ga 石榴石 Chl 绿泥石 Cc 方解石 Gr (And) 钙铝榴石(铁铝榴石) 1、2、3、6、7、9-蓝闪片岩 4-硬玉斜长岩 5-含白云母斜长岩 8-变辉绿岩 10-蓝闪辉岩

表 2 蓝 闪 石 等 矿 物 光 性 特 征 数 据

| 编号          | 矿物名称 | 产地      | 结晶形态                                               | 多色性、吸收性                                                                                               | 消光角       | 折射率、干涉色                          | 延性        | 光性、光轴角                        | 备 注                                                   |  |
|-------------|------|---------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|-------------------------------|-------------------------------------------------------|--|
| 73IIP52-5   | 铝铁闪石 | 东 秦 岭   | 长柱状、<br>放射状、<br>毛发状、<br>纤维状、<br>晶体有弯<br>曲、折断<br>现象 | Ng 蓝。Nm 黄褐<br>Np 浅黄绿<br>Ng≥Nm>Np                                                                      | Nm∧C=2°   | Ng=1.6645<br>Np=1.6450           | 有正、有负     | 2V(-)=4°                      | 和钠长石、少量绿色黑云母<br>共生，产于铝铁闪石钠长岩。                         |  |
| 73IIP52-10  | 铝铁闪石 |         |                                                    | Nm∧C=7°                                                                                               | 一级蓝绿      | 正负兼有                             | 2V(-)=40° | 图版 1-3。                       |                                                       |  |
|             | 镁钠闪石 |         |                                                    | Np∧C=21°                                                                                              |           | 负 延 性                            | 2V(-)=73° | 和钠长石及少量绿色黑云母<br>共生，产于铝铁闪石钠长岩。 |                                                       |  |
|             | 镁钠闪石 |         |                                                    | Np∧C=17°                                                                                              |           |                                  | 2V(-)=72° | 和钠长石、蓝绿色电气石共<br>生，产于铝铁闪石钠长岩。  |                                                       |  |
| 73IIP057    | 镁钠闪石 |         |                                                    | Ng 浅蓝黄，Nm 紫<br>Np 蓝<br>Ng<Nm<Np                                                                       | Np∧C=9°   | Ng=1.6567<br>Np=1.6440           | 正 延 性     | 2V(-)=74°                     | 和钠长石、电气石共生，产<br>于铝铁闪石钠长岩。                             |  |
| 73IIP044    | 镁钠闪石 | 北 祁 连 山 | 长柱状，<br>晶体有弯<br>曲、折断<br>现象                         | Ng 蓝或浅蓝<br>Nm 紫或浅紫<br>Np 浅绿黄<br>Ng>Nm>Np                                                              | Ng∧C=6°   | Ng=1.6475，Nm=1.6445<br>Np=1.6395 |           | 2V(-)=8°                      | 和石英、绿泥石共生，<br>产于蓝闪石石英片岩。                              |  |
| 74IIP 清 067 | 蓝闪石  |         |                                                    |                                                                                                       | Ng∧C=2°   | Ng=1.6463，Nm=1.6445<br>Np=1.6395 |           | 2V(-)=40°                     | 图版 1-4。和石英、多硅白<br>云母、绿泥石共生，产于<br>蓝闪绿泥闪石石英片岩。          |  |
| 74IIP 清 070 | 蓝闪石  |         |                                                    |                                                                                                       | Ng∧C=18°  | Ng=1.6463，Nm=1.6440<br>Np=1.6395 |           | 2V(-)=62°                     | 和石英、绿帘石、石榴子<br>石、多硅白云母共生，产于<br>蓝闪石榴石石英片岩。             |  |
| 74IIP 清 089 | 蓝闪石  |         |                                                    |                                                                                                       | Ng∧C=3°   | —                                | 正 延 性     | 2V(-)=12°                     | 和蓝闪石、绿闪石共生<br>的有石榴石、碱性辉石、<br>石英、多硅白云母等矿<br>物，产于蓝闪榴辉岩。 |  |
| 74IIP 清 071 | 蓝闪石  |         |                                                    | Ng∧C=24°                                                                                              | 2V(-)=80° |                                  |           |                               |                                                       |  |
| 74IIP53     | 绿闪石  |         |                                                    | Ng 绿，Nm 绿黄，Np<br>亮绿黄 Ng≥Nm≥Np<br><br>Ng 蓝，Nm 紫，Np<br>绿黄 Ng>Nm>Np。<br><br>Ng 绿黄，Nm 紫，<br>Np 蓝 Ng<Nm<Np | Nm∧C=0°   | 一级黄                              | 正负兼有      | 2V(-)=35°                     | 和石英、棕色电气石等<br>共生，有的还有闪石；产<br>于超基性岩接触带的铝<br>铁、镁钠闪石石英岩。 |  |
|             | 铝铁闪石 |         |                                                    |                                                                                                       | Np∧C=14°  |                                  | 负延性       | 2V(-)=52°                     |                                                       |  |
| 74IIP51     | 镁钠闪石 |         |                                                    |                                                                                                       |           |                                  |           |                               |                                                       |  |

说明：1. 东秦岭蓝闪石矿物比北祁连山的多色性调深，可能是 Fe<sup>3+</sup> 相对较高的缘故；2. 矿物的折射率用油浸法测得，消光角、光轴角用旋转台测得，其中的数据是多次测试的平均值；3. 74IIP53、51 两块标本为西安地质研究所四室秦克令采得；4. 表中的绿闪石（德文 Smaragdite）主要是依多色性、光轴角等确定。虽然测得的消光角、光轴角数据也与亚蓝闪石～韭闪石（德文 karinthin～pargasit）相近，但多色性不同。绿闪石、亚蓝闪石～韭闪石光性数据按参考文献 [14]。

然镜下仍见有石英,可能是硅酸盐分解或外界带入的结果。

由 ACF 图(见图 4): (1)大多数样品投点于相应的特征矿物共生区内,这和显微镜下的观察结果是一致的,唯 4 号样因后期透闪石化影响而失去代表性; (2)样品 5、8 的共生矿物主要是绿泥石、白云母、方解石、钠长石(有的含绿帘石),其矿物连线往往和蓝闪片岩的共生矿物连线相交,说明它们分属两个不同的变质相,即前者为绿片岩相,后者为蓝闪片岩相。

### 三、蓝闪片岩的矿物特征

对于蓝闪片岩的变质矿物,着重介绍蓝闪石矿物,其它限于工作程度,只作一般说明。

#### 蓝闪石类

蓝闪石类矿物,一般包括蓝闪石(glaucophane)、铝铁闪石(crossite)<sup>1)</sup>和镁钠闪石(magnesianicbeckite)<sup>2)[14]</sup>。Al<sup>+3</sup>和Fe<sup>+3</sup>离子置换引起光率体变化是生成这三种闪石的原因。有些学者则依据Al<sup>+3</sup>和Fe<sup>+3</sup>、Mg和Fe<sup>+2</sup>、Mn的离子置换把上述三种矿物以及钠闪石(riebeckite)和铁蓝闪石(ferroglaucophane)一起纳入一个正方四角图中<sup>[16]</sup>。另外还曾有人把锂蓝闪石也归并在这种富Si富Mg的碱性角闪石类以内<sup>[17]</sup>。目前,人们则依据Al<sup>IV</sup>和Al<sup>VI</sup>在角闪石内的含量变化画出Al<sup>IV</sup>对Al<sup>VI</sup>的变异图(见图6),用以反映它形成的温压条件,也可作为定名的参考依据。

表2列出了蓝闪石类矿物的光性特征数据。表3、表4列出了它们的晶格参数数据和化学分析结果。从矿物定名的可靠性而言,我们发现X光粉末法测得的数据往往和获得的光性数据的结论吻合,可作为鉴定蓝闪石类矿物的常规手段,而差热分析可作为辅助的方法<sup>3)</sup>。

表 3 蓝闪石晶格参数值

| 编号            | 产地   | $a_0$ | $b_0$  | $c_0$ | $\beta$ | 矿物定名       |
|---------------|------|-------|--------|-------|---------|------------|
| 73III P52-5   | 东秦岭  | 9.850 | 17.925 | 5.297 | 103°6′  | 铝铁闪石       |
| 73III P52-11  |      | 9.797 | 18.004 | 5.310 | 103°39′ | 镁钠闪石       |
| 73III P 草     |      | 9.81  | 18.0   | 5.33  | 103°29′ | 镁钠闪石       |
| 73III 清 1     | 北祁连山 | 9.836 | 17.975 | 5.298 | 104°20′ | 蓝闪石        |
| 74III P 清剖 71 |      | 9.544 | 17.782 | 5.307 | 104°15′ | 蓝闪石        |
| 74III P 清剖 89 |      | 9.560 | 17.791 | 5.302 | 103°28′ | 蓝闪石        |
| 74III P25-2   |      | 9.513 | 17.810 | 5.334 | 103°37′ | 蓝闪石        |
| 74III Pt51    |      | 9.622 | 17.789 | 5.294 | 104°20′ | 近镁钠闪石      |
| 74III Pt53    |      | 9.667 | 17.896 | 5.322 | 104°45′ | 铝铁闪石(偏蓝闪石) |

X光粉末法数据由徐培苍、李静娴、张晓云分析获得

- 1) 英文 crossite 译作“青铝闪石”,见中国科学院自然科学名词编订室之《英汉综合地质学词汇》,1970年,科学出版社;俄文 кроссит 译作“铝铁闪石”,见中国科学院编译出版委员会名词室之《矿物学名词(俄、英、中对照试用本)》,科学出版社,1957年。
- 2) W. E. 特吕格,1957年,《造岩矿物光性鉴定表》地质出版社。译为“似钠闪石”。现原译者郭宗山改译为“镁钠闪石”。
- 3) 对北祁连山和东秦岭三个蓝闪石矿物样品作了差热分析,其一被定为“蓝闪石(?)”,另两个则是“钠闪石系”,按X光粉末法和光性数据分别是蓝闪石、铝铁闪石、镁钠闪石。分析者为李静娴和西安煤田地质所洪志奋。

表 4 蓝闪石矿物化学分析数据

| 顺序号                            | 1             | 2              | 3              | 4                   | 5       | 6                   | 7            | 8          | 9             | 10             | 11                    | 12               | 13                          |
|--------------------------------|---------------|----------------|----------------|---------------------|---------|---------------------|--------------|------------|---------------|----------------|-----------------------|------------------|-----------------------------|
| 编号                             | 73III<br>P100 | 73III<br>P52-5 | 73III<br>P52-7 | 73IIIB <sub>2</sub> | 73III10 | 73IIIB <sub>1</sub> | 73III<br>PD5 | 74清<br>剖临1 | 74III<br>清剖89 | 74III<br>P25-2 | 地科<br>1 <sup>1)</sup> | 地科 <sup>2)</sup> | 74III<br>Pt57 <sup>3)</sup> |
| 产地                             | 东 秦 岭         |                |                |                     |         |                     |              | 北 祁 连 山    |               |                |                       |                  |                             |
| SiO <sub>2</sub>               | 55.25         | 58.98          | 62.59          | 52.63               | 54.30   | 56.44               | 54.66        | 57.30      | 56.66         | 55.97          | 57.75                 | 59.23            | 55.83                       |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1.28          | 3.77           | 3.45           | 1.32                | 2.78    | 1.06                | 1.32         | 8.12       | 9.49          | 8.16           | 8.39                  | 8.39             | 9.51                        |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.14          | 0.60           | 0.61           | 0.32                |         | 0.12                | 0.65         | 0.35       | 0.38          | 0.15           | 0.33                  | 0.33             | 0.034                       |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |               |                |                |                     |         |                     |              |            |               |                |                       |                  | 0.10                        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16.46         | 14.24          | 12.90          | 18.49               | 19.7    | 18.20               | 16.15        | 7.97       | 5.33          | 6.55           | 6.98                  | 7.00             | 9.33                        |
| FeO                            | 5.71          | 3.00           | 3.41           | 3.70                | 0.13    | 3.87                | 6.32         | 7.47       | 9.65          | 10.71          | 4.38                  | 4.13             | 8.26                        |
| NiO                            |               |                |                |                     |         |                     |              |            |               |                |                       |                  | 0.38                        |
| % MnO                          | 0.04          | 0.02           | 0.02           | 0.28                |         | 0.032               |              | 0.31       | 0.12          | 0.09           |                       |                  | 0.36                        |
| MgO                            | 11.34         | 8.90           | 8.25           | 11.72               | 11.67   | 9.21                | 10.09        | 9.46       | 8.84          | 8.12           | 11.38                 | 10.63            | 10.48                       |
| CaO                            | 0.50          | 0.46           | 0.46           | 1.02                | 0.63    | 0.88                |              | 0.65       | 1.48          | 1.19           | 0.44                  | 0.39             | 2.32                        |
| Na <sub>2</sub> O              | 6.10          | 6.81           | 6.21           | 6.62                | 6.15    | 6.86                | 6.78         | 6.38       | 6.54          | 6.62           | 5.80                  | 5.60             | 5.83                        |
| K <sub>2</sub> O               | 0.45          | 0.36           | 0.25           | 0.11                | 0.25    | 0.13                | 0.34         | 0.20       | 0.14          | 0.26           | 0.32                  | 0.40             | 0.10                        |
| H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>  | 1.95          | 2.34           | 1.16           | 1.78                | 2.4     | 0.28                | 2.24         |            | 1.04          | 1.70           |                       |                  | 1.76                        |
| H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>  | 0.22          |                |                | 0.75                | 1.38    | 0.20                |              |            | 0.02          | 0.06           |                       |                  |                             |
| Σ                              | 99.44         | 99.48          | 99.75          | 98.78               | 99.59   | 97.33               | 98.55        | 97.91      | 99.69         | 99.58          | 95.77                 | 97.10            | 97.21                       |

24 个 (O, OH, F) 中的离子数

|                                                                  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| IV Si                                                            | 7.931 | 8.495 | 8.633 | 7.624 | 7.534 | 8.475 | 7.934 | 8.291 | 7.940 | 7.966 | 8.361 | 8.515 | 8.088 |
| Al                                                               | 0.069 |       |       | 0.226 | 0.466 |       | 0.066 |       | 0.060 | 0.034 |       |       |       |
| Al                                                               | 0.146 | 0.643 | 0.563 |       | 0.002 | 0.180 | 0.159 | 1.390 | 1.506 | 1.266 | 1.426 | 1.375 | 0.772 |
| Ti                                                               | 0.015 | 0.065 | 0.063 | 0.033 |       | 0.013 | 0.071 | 0.039 | 0.030 | 0.017 | 0.037 | 0.035 | 0.026 |
| Fe <sup>3+</sup>                                                 | 1.776 | 1.540 | 1.342 | 2.019 | 2.050 | 2.034 | 1.812 | 0.835 | 0.556 | 0.701 | 0.765 | 0.760 | 1.018 |
| Cr                                                               |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.011 |
| VI Ni                                                            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.044 |
| Fe <sup>2+</sup>                                                 | 0.681 | 0.363 | 0.389 | 0.444 | 0.015 | 0.484 | 0.767 | 0.905 | 1.128 | 1.278 | 0.530 | 0.492 | 1.009 |
| Mg                                                               | 2.418 | 1.903 | 1.694 | 2.533 | 2.408 | 2.034 | 2.178 | 2.039 | 1.844 | 1.718 | 2.457 | 2.263 | 2.280 |
| Mn                                                               | 0.052 | 0.003 | 0.002 | 0.034 |       | 0.040 |       | 0.035 | 0.008 | 0.009 |       |       | 0.044 |
| Σ                                                                | 5.088 | 4.517 | 4.053 | 5.063 | 4.475 | 4.785 | 4.987 | 5.243 | 5.072 | 4.989 | 5.215 | 4.925 | 5.204 |
| XII Na                                                           | 1.690 | 1.900 | 1.657 | 1.845 | 1.650 | 1.981 | 1.923 | 1.790 | 1.793 | 1.811 | 1.635 | 1.555 | 1.526 |
| K                                                                | 0.078 | 0.066 | 0.045 | 0.019 | 0.045 | 0.025 | 0.063 | 0.035 | 0.016 | 0.040 | 0.052 | 0.070 | 0.022 |
| Ca                                                               | 0.077 | 0.071 | 0.068 | 0.165 | 0.093 | 0.141 |       | 0.104 | 0.223 | 0.179 | 0.069 | 0.060 | 0.360 |
| Σ                                                                | 1.845 | 2.037 | 1.770 | 2.029 | 1.788 | 2.147 | 1.986 | 1.929 | 2.032 | 2.030 | 1.756 | 1.685 | 1.908 |
| OH                                                               | 1.891 | 2.243 | 1.475 | 2.437 | 3.584 | 0.477 | 2.196 |       | 1.548 | 1.658 |       |       | 1.000 |
| 100Fe <sup>3+</sup> /Fe <sup>3+</sup><br>+ Al <sup>VI</sup> + Ti | 0.91  | 0.69  | 0.63  | 0.98  | 0.99  | 0.91  | 0.88  | 0.37  | 0.26  | 0.35  | 0.34  | 0.30  | 0.56  |
| 100Fe <sup>2+</sup> /Fe <sup>2+</sup><br>+ Mg + Mn               | 0.23  | 0.16  | 0.19  | 0.22  | 0.01  | 0.19  | 0.26  | 0.30  | 0.41  | 0.42  | 0.17  | 0.18  | 0.30  |

据 23 个氧原子计算的蓝闪石矿物中 Al<sup>IV</sup>、Al<sup>VI</sup> 数据

|                  |      |      |      |      |      |       |
|------------------|------|------|------|------|------|-------|
| Al <sup>IV</sup> | 0.05 | 1.10 | 0.79 | 1.19 | 1.34 | 0.408 |
| Al <sup>VI</sup> | 1.28 | 0.40 | 0.42 |      |      | 0.234 |

1)、2) 引自肖序常等《祁连山古蛇绿岩带的地质构造意义》，地质学报，1978，第 4 期

3) 西安地质矿产研究所第四系采样分析

我们曾将蓝闪石类化学分析结果计算离子数投到都城秋穗 (A. Miyashiro) 的正方形图上 (图 5)<sup>[6]</sup>。由图 5 可以看出, 绝大多数矿物投在蓝闪石、铝铁闪石 (青铝闪石) 和镁钠

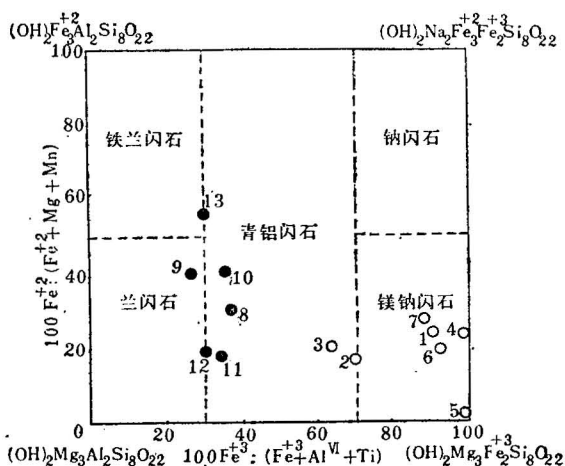


图 5 蓝闪石类化学成分的变化 (按都城秋穗, 1957)

● 北祁连山样品 ○ 东秦岭样品

闪石区间内, 唯 13 号样是例外。13 号角闪石产于镁质大理岩中, 它具有浅绿色的多色性 ( $N_g = N_m = N_p$ ), 较蓝闪榴辉岩中的绿闪石色调浅。  $N_g \wedge C$  分别为  $0^\circ - 3^\circ$  及  $18^\circ - 20^\circ$ ,  $2V(-) = 80^\circ$  左右, 应属绿闪石, 与图 6 上的投点相符。根据本区蓝闪石的光性数据和所获得的晶格参数来验证都城秋穗的图解。按  $Al^{+3}$  与  $Fe^{+3}$  比值所划的蓝闪石和铝铁闪石分界线似移至 40 处相宜, 但尚待进一步研究。

依据北祁连山蓝闪石中  $Al^{IV}$  和  $Al^{VI}$  的含量作出了关系图 (图 6)。我们可以见到, 除 8、11 和 12 号样落在蓝闪石区外, 9、10 号落在 Ca-蓝闪石范围内, 13 号样靠绿闪石落点。资料表明<sup>[4]</sup>, 是高压低温的环境才促使蓝闪石含有数量较多六次配位的 Al。

在显微镜下观察到的蓝闪石结构特征反映了应力状态下的晶出环境。它们大多数被弯曲、折断, 呈波状消光; 有的产在扭裂隙中 (图版 I-6); 还有在糜棱岩化基础上多阶段晶出的情况: 一般早阶段结晶较粗大, 后阶段稍细小。图版 I-2 所见属例外: 先成的具完好清晰解理的蓝闪石旁侧生长着更大的解理纹模糊不清的蓝闪石, 后期蓝闪石具有石英、黑硬绿泥石、磷灰石等包体。有些学者认为, 由于构造应力的作用, 使混合参杂在一起被磨碎的矿物细粒、细粉具有较高的能量, 而重结晶正是

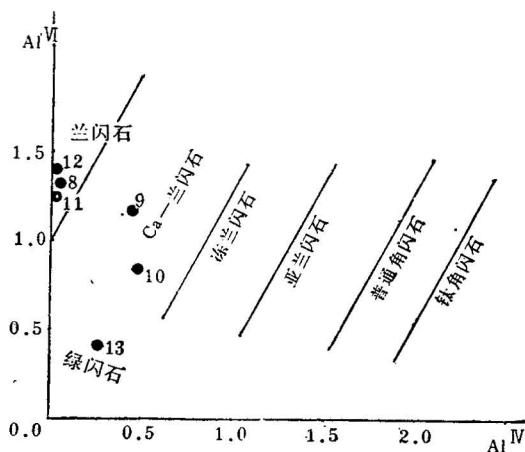


图 6 据 23 个氧原子计算的北祁连山蓝闪石  $Al^{IV} - Al^{VI}$  关系图 (按 A. 莫塔纳)<sup>[18]</sup>

表 5 富  $\text{Fe}^{+3}$ 、 $\text{Mg}$  多硅白云母

| 编号                | $\text{SiO}_2$ | $\text{TiO}_2$ | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{Cr}_2\text{O}_3$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\text{FeO}$ | $\text{MnO}$ | $\text{MgO}$ | $\text{CaO}$ | $\text{ZnO}$ |
|-------------------|----------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 74HPP25-2         | 51.34          | 0.26           | 23.42                   |                         | 3.85                    | 1.78         | 0.01         | 3.69         | 0.09         |              |
| 平均值 <sup>1)</sup> | 47.446         | 0.38           | 31.985                  | 0.51                    | 1.55                    | 0.68         | 0.08         | 1.14         | 0.20         | 0.12         |

1) W. A. Deer 等<sup>[16]</sup>所列 15 个白云母化学分析平均值

能量释放的最好形式。又由于晶格、成分等因素,重结晶矿物往往在先成的同种矿物周围向外生长,使其它矿物包裹其中。

**碱性辉石** 秦岭产出的霓石往往和铝铁闪石共生产在钠长岩中,结晶细小,常有铝铁闪石遮盖,易被误认为绿帘石。旋转台测得的  $\text{Np} \wedge \text{C}$  为  $2^\circ - 3^\circ$ 、 $2V(-) = 55.5^\circ$ ,油浸法测得  $\text{Ng}$ 、 $\text{Np}$  皆大于 1.740。北祁连山的碱性辉石往往与石英共生,主要种族为霓石和霓辉石。蓝闪榴辉岩中的碱性辉石,  $\text{Np} \wedge \text{C}$  为  $34^\circ - 43^\circ$ ,  $2V(-) = 72^\circ - 82^\circ$ ,油浸法测得的  $\text{Nm}$  为 1.669。其消光不均匀(光弹性)现象影响了光性数据测定的精确性。据上述数据定为偏近绿辉石<sup>[49]</sup>。

**白云母** 蓝闪片岩中有白云母和多硅白云母。镜下白云母和多硅白云母光性相似,唯光轴角后者一般为  $0^\circ$  或  $10^\circ$  左右。多硅白云母分布广泛,在秦岭,从蓝闪片岩带西段至东段都有产出;北祁连山同样如此。测得的光轴角不大于  $15^\circ$ 。X 光粉晶分析鉴定属于 2M 结构型。它被认为是白云母底面发生层层旋转运动形成的,从而使中等程度的光轴角变小乃至变为一轴晶。旋转的不连续面上有硅质、铁质及镁质沉落其上,从而使它富铁、富镁和多硅<sup>[27]</sup>。化学成分分析值(表 5)可作佐证。据文献资料<sup>[6]</sup>,富  $\text{Fe}^{+3}$ 、富  $\text{Mg}$  的多硅白云母在世界其他高压变质带(如日本三波川带)也是经常出现的。

**钠长石** 东秦岭较北祁连山发育。和铝铁闪石共生的钠长石中心混浊,具再生长现象(图版 I-3),还发育双晶折断、错位及压力影。往往有几个世代,早阶段号码高(18 号更长石),晚阶段较低(9—10 号或 2—3 号钠长石)。

**硬绿泥石和黑硬绿泥石** 东秦岭见有具蓝—褐黄色多色性、 $2V(+)$  为  $40^\circ$  左右的硬绿泥石和铝铁闪石一起产出;北祁连山的硬绿泥石产于富硅、富钙岩石中,未见它和蓝闪石一起产出;而多色性为浅黄至绿色,  $2V(-) = 0 - 30^\circ$  的黑硬绿泥石则与蓝闪石共生(图版 I-2)。

**石榴石** 北祁连山较发育。油浸法测得折光率分别为 1.792 和 1.801,属于镁铝榴石和铁铝榴石过渡类型(靠近铁铝榴石一侧)。蓝闪榴辉岩中的铝石榴石呈残缕结构,形成机理和多硅白云母相似。

**电气石** 两地均有蓝绿色电气石,且往往和铝铁闪石共生。都城通过研究日本变质带后认为,绿色电气石是低温高压带的产物,而棕色电气石形成温度则稍高些<sup>[6]</sup>。棕色者,在北祁连山超基性岩接触蚀变带也有少许产出。

其它还有帘石类[绿帘石和黝帘石。前者可交代绿纤石(图版 I-4)]、绿泥石、变质石英、碳酸盐类矿物(方解石、菱铁矿和白云石),副矿物有磷灰石、金红石、榍石、磁铁矿和铬铁矿等,因限于篇幅不多赘述。

和白云母化学分析数据对比

| BaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | Rb <sub>2</sub> O | Cs <sub>2</sub> O | Li <sub>2</sub> O | H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> | H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | F    | 总计     |
|------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------|--------|
|      | 0.54              | 9.44             |                   |                   |                   | 4.39                          | 0.018                         | 0.01                          |      | 99.927 |
| 0.67 | 0.98              | 8.24             | 0.24              | 0.05              | 0.20              | 4.55                          | 4.55                          |                               | 0.25 | 99.74  |

## 四、结论和讨论

1. 长期以来,对于蓝闪片岩的成因就有应力作用观点和钠交代观点的争论<sup>[7]</sup>,也有反对把它划作单独变质相的主张<sup>[43]</sup>,有的则进而把蓝闪石作为高压下开放系中的应力矿物<sup>[27]</sup>。随着工作的深入,目前多数认为它是固态高压下的产物,属高压低温变质相系<sup>[10][20][21]</sup>。尽管本区也见到铝铁闪石包围穿插透闪石的现象,似乎可把它当作钠交代证据,然而我们仍认为它处于同一整体的高压环境中。因为只有高压条件下钠离子才能进入链状格架。

2. 东秦岭和北祁连山蓝闪片岩的矿物组合各有特点。一般说,东秦岭发育大量钠长石,少量绿色黑云母,石英和石榴石极少,蓝闪石类以铝铁闪石、镁钠闪石为主,蓝闪石少见;北祁连山石英、绿帘石、石榴石较多,钠长石较少,蓝闪石类以蓝闪石为主,铝铁闪石、镁钠闪石较少,此外还有绿闪石。白云母(或多硅白云母)、霓石、硬绿泥石则为两地所共有。黑硬绿泥石和绿辉石则是北祁连山所独有。众所周知,镁钠闪石是生在比蓝闪石宽的P—T区间条件下的<sup>[40]</sup>。图7所示,钠长石则在比硬玉和石英稍低的高压环境中生成。再结合其他变质矿物的产出情况,我们认为,北祁连山蓝闪片岩形成的压力条件较东秦岭高,而温度则相对低些,但都属高压低温环境。

2. 柯尔曼 (R. G. Coleman)<sup>[22]</sup> 把榴辉岩分成三类: A 类 (SiO<sub>2</sub>46%、MgO13%) 为金伯利岩或玄武岩中的榴辉岩包体; B 类 (SiO<sub>2</sub>48%、MgO9%) 为混合岩中带状或透镜状榴辉岩; C 类 (SiO<sub>2</sub>48%、MgO6%) 为阿尔卑斯变质(低温高压)作用岩石中的带状透镜状榴辉岩。北祁连山的透镜状榴辉岩结合化学成分(表1), 应属C类变质的高压低温类型。

4. 我国雅鲁藏布江河谷出露的超基性岩带及其延伸线是印度板块向欧亚板块俯冲的缝合线<sup>[23]</sup>。我们注意到,该岩带中的橄榄石颗粒大小悬殊,波状消光普遍,具“聚片双晶”(即机械双晶)<sup>[24]</sup>,这是超基性岩构造侵位的标记。在北祁连山,伴随蓝闪片岩带发育的超基性岩带中的橄榄石也具备这一特征。岩组分析表明,在岩体侵位过程中,矿物颗粒的粒间运动导致橄榄石光率率主轴产生极密,粒内运动促使其机械双晶出现1—8°的位移。这

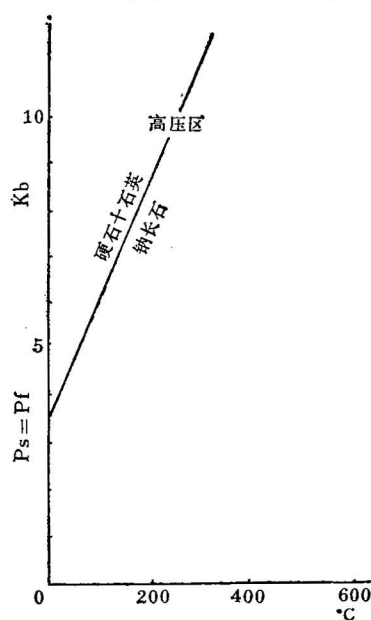


图7 高压变质作用的硬玉石英和钠长石相平衡线(按都城)

一现象在很早以前就被认为是温度低的情况下发生的。我们也可以把它作为北祁连山板块构造运动的证据之一。

5. 一些学者在研究了加里福尼亚、日本三波川和阿尔卑斯等蓝闪片岩带以后认为,其变质低阶段出现绿纤石、硬玉辉石和石英等,高阶阶段含有黝帘石、绿帘石和石榴石等。综观北祁连山南麓蓝闪片岩带矿物组合发育情况可以了解,所谓低阶段矿物(多量石英和残留绿纤石)主要在岩带北侧,高阶阶段矿物(绿帘石、黝帘石和石榴石)主要在岩带南侧(蓝闪榴辉岩也在南侧);就岩石结构构造而言,也反映了自北向南由低级到高级的变化,即从明显的碎裂变质结构特征(糜棱岩化后不完全重结晶结构)过渡到完好的重结晶结构,再发展到多阶段生成蓝闪石等矿物的变晶结构。此外,蛇绿岩混杂堆积等所以能保留下来而不为更高级变质作用所改变,是由于已发展到具剪切滑动特征的黑河深断裂把它抬了上来。再加以中祁连乃至柴达木北山出露有早古生代花岗岩,凡此都是由于北祁连板块沿蓝闪片岩-超基性岩带一线向南俯冲的结果。

6. 东秦岭蓝闪片岩带中没有发现北祁连山那样有意义的地质剖面,但其北侧仍可发现相应的低压高温带,以花岗岩和红柱石-矽线石-堇青石组合为其特征。因此可以认为板块是向北俯冲的。从纵向上看,东秦岭高压低温带延续很远,西及陕西山阳,东接河南信阳高压带(据叶大年资料<sup>[19]</sup>,以C类榴辉岩和3T型多硅白云母为特征)、湖北大悟、红安高压带(据湖北区调队同志面告及西安地质矿产研究所化学分析资料,以蓝闪片岩和C类榴辉岩为特征);向东越过郯城-庐江深大断裂。该带向北推,区域走向变为北东,江苏北部的蓝闪片岩(据长春地质学院张秋生口述)和C类榴辉岩<sup>[25]</sup>就是它的迹线。

7. 王嘉荫<sup>[27]</sup>很早就湖南衡山花岗闪长岩体的扭性破裂带中发现蓝闪石和肠状石英细脉及绿泥石、长石残余,岩组分析后认为它和错动活动有关。并建议把蓝闪片岩称作扭力岩<sup>[8]</sup>。同样,南京大学地质系1976年在山西娄烦县吕梁群中发现蓝闪片岩与一左行巨大平移断层有关。目前,我们并不清楚这些蓝闪石类矿物究竟属哪一种(因为镁钠闪石所产出的温度压力范围较宽),不了解岩石的矿物组合和分布规模。我们注意到,在肯定蓝闪片岩带作为板块俯冲作用产物这一构造意义时,应该考察它有没有伴随蛇绿岩带、混杂堆积和低压高温带等产出<sup>[2]</sup>。

最后,关于北祁连山和东秦岭蓝闪片岩的生成时代,前者属早古生代,后者可能是早中生代的<sup>[26]</sup>,但尚需进一步工作证实。

## 参 考 文 献

- [1] 尹赞勋, 1973, 板块构造述评。地质科学, 第1期。
- [2] 李春昱, 1975, 用板块构造学说对中国部分地区构造发展史的初步分析。地球物理学报, 第18卷, 第1期。
- [3] Coleman, R. G., 1972, Blueschist metamorphism and Plate tectonics. Inter. Geol. Cong. 24 Session, Sec. 2, p. 19—26.
- [4] Miyashiro, A., 1972, Metamorphism and related magmatism in plate tectonics. Amer. Jour. Science, V. 272, p. 629—656.
- [5] Ernst, W. G., 1973, Blueschist metamorphism and P-T regimes in active subduction zones. Tectonophysics, V. 17, no. 3, p. 255—272.
- [6] Miyashiro, A., 1967, Orogeny, regional metamorphism and magmatism in the Japanese Islands. Dansk. Geol. For Medd., V. 17, p. 390—446.

1) 据参考文献[25]列出的榴辉岩化学分析数据,在柯尔曼的分类上应属c类。

- [7] Dobretsov, N. L. and Kuroda, Y., 1970, Geologic laws characterizing glaucophane metamorphism in north western part of the folded frame of Pacific Ocean. *Int. Geol. Rev.*, V. 12, p. 1389—1407.
- [8] 王嘉荫, 1974, 破裂带中几个问题。地质科学, 第 2 期。
- [9] 赵斌, 1973, 在高温高压条件下合成纤维状碱性角闪石的实验研究。地球化学, 第 2 期。
- [10] Miyashiro, A., 1973, Metamorphism and Metamorphic Belts. George Allen and Unwin Ltd, London.
- [11] 王荃、刘雪亚, 1976, 我国西部祁连山区的古海洋地壳及其大地构造意义。地质科学, 第 1 期。
- [12] 李四光, 1973, 地质力学概论。科学出版社。
- [13] 台尔纳, 1966, 变质矿物和构造演变(邵克忠译)。中国工业出版社。
- [14] Troger, W. E., 1971, Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung (Nägele u Obermiller)。
- [15] 王德滋, 1975, 光性矿物学。上海人民出版社。
- [16] Deer, W. A., Howie, R. A. and Zussindan, J., 1962, Rock-Forming Minerals. Vol. 2.
- [17] 胡·史特伦茨, 1959, 矿物表(刘伯康译)。地质出版社。
- [18] Mottana, A. and Edgar, A. D., 1970, The significance of amphibolite compositions in the genesis of eclogites. *Lithos*, Vol. 3, p. 37—49.
- [19] 叶大年、金成伟、彭志忠, 1975, 单斜辉石的 X 射线粉末法研究。地质科学, 第 2 期。
- [20] 程裕淇、沈其韩、刘国惠、王泽九, 1966, 变质岩的一些基本问题和工作方法。中国工业出版社。
- [21] 叶利谢夫, 1965, 变质作用(钟元昭译)。科学出版社。
- [22] Coleman, R. G., Lee, D. E., Beatty, L. B. and Brannock, W. W., 1965, Eclogites and eclogites: Their differences and similarities. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 76, p. 483—508.
- [23] 常承法、郑锡澜, 1973, 中国西藏南部珠穆朗玛峰地区构造特征。地质科学, 第 1 期。
- [24] 王希斌、解广袁、赵大升, 1965, 西藏地区的超基性岩及其铬尖晶石类矿物特征。科学出版社。
- [25] 王鹤年, 1963, 苏北榴辉岩的特征及成因探讨。南京大学学报(地质学), 第 1 期。
- [26] 李春昱、刘仰文、朱宝清、冯益民、吴汉泉, 1978, 秦岭及祁连山构造发展史《国际交流地质学术论文集第 1 集》。地质出版社。
- [27] 王嘉荫, 1978, 应力矿物概论。地质出版社。

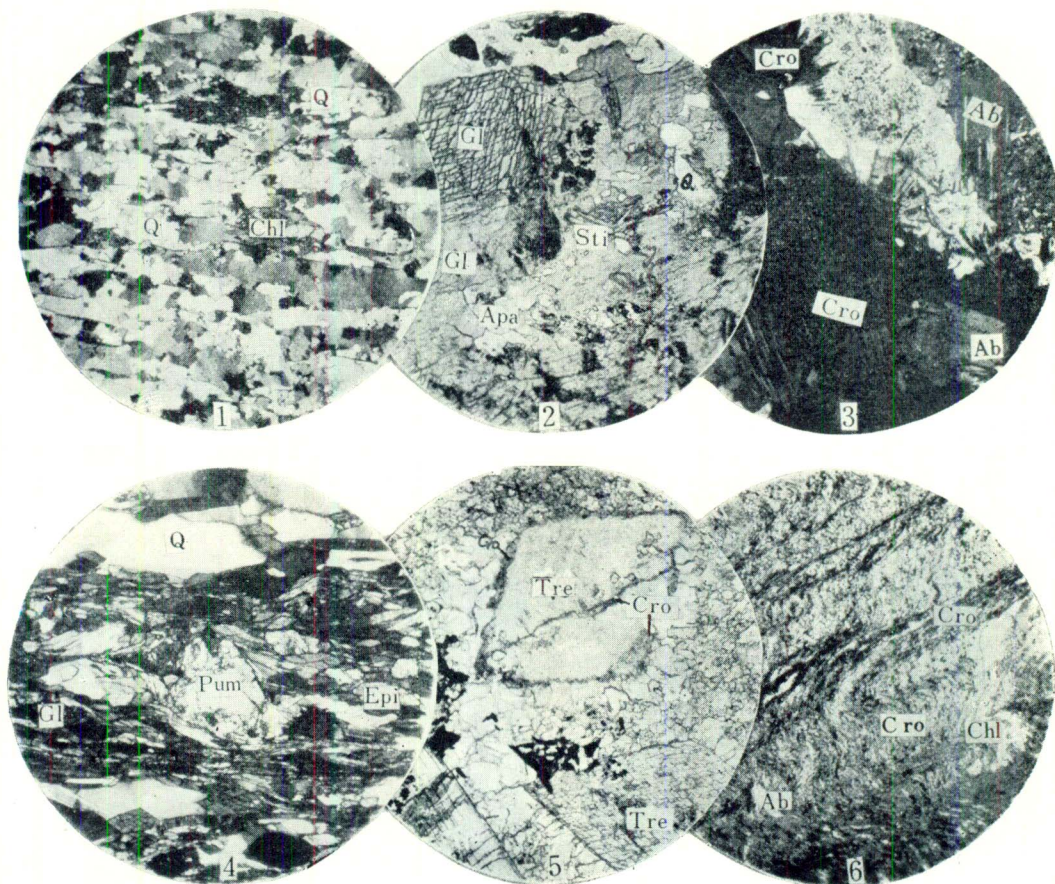
## THE GLAUCOPHANE-SCHISTS OF EASTERN QINLING AND NORTHERN QILIAN MOUNTAIN IN CHINA

Wu Hanquan

(Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources)

### Abstract

The glaucophane-schists found in Eastern Qinling and Northern Qilian Mountain extend for one and two hundred kilometers respectively. These two belts are generally associated with mélanges, eclogite (c) and ultrabasic rocks, but differ to a certain extent in their mineral associations. The former consists mainly of crossite, magnesian riebeckite and albite, while the latter mainly of glaucophane, garnet, epidote, quartz, and the common mineral chloritoid, phengite occurring in both. It is obvious, that both metamorphic belts are the products of low temperature, high pressure metamorphism. But the temperature range of the Eastern Qinling metamorphic belt is rather broad while the pressure of Northern Qilian Mountain is higher. Basing upon the tectonic characters, stratigraphical successions etc., it is believed that the age of plate tectonic subduction of Northern Qilian Mountain was in Early Palaeozoic and that of Eastern Qinling in Early Mesozoic.



图版 I

1. 变质硅质岩(燧石)。石英压扁拉长,具机械双晶,较大颗粒的边缘有许多细小石英围绕,近似花边形态。这都是碎裂变质重结晶的特征。绿泥石(Chl)呈蓝闪石假象产出,蓝闪石横切面长对角线和石英拉长方向一致。青海祁连 74III 清剖 038 正交偏光  $\times 20$

2. 黑硬绿泥石白云蓝闪片岩中的蓝闪石外生长现象。解理清楚的是早成蓝闪石(Gl),没有包体;没有清晰解理的后成蓝闪石有磷灰石(Apa)、石英(Q)、黑硬绿泥石(Sti)包体。青海祁连 74III 清剖 070 单偏光  $\times 50$

3. 铝铁闪石钠长岩。铝铁闪石(Cro),钠长石(Ab)中间混浊、周围干净,是次生长生成的。陕西商南 73III P52-10 正交偏光  $\times 50$

4. 白云母绿泥蓝闪片岩。主要由白云母(Mus)、石英(Q)、蓝闪石(Gl)、绿帘石(Epi)组成。白云母中有多硅白云母。绿帘石(Pum)只有少数几颗,大都已变成绿帘石,或者是周围已变成绿帘石。青海祁连 74III 清剖 050-2 正交偏光  $\times 83$

5. 铝铁闪石化透闪石白云岩。主要由白云石( $D_0$ )、透闪石(Tre)组成。绿铁闪石(Cro)穿插交代透闪石及边缘交代透闪石。这是典型的钠交代现象。青海祁连 74III 类 06 单偏光  $\times 50$

6. 铝铁闪石碱性玄武岩 主要由铝铁闪石(Cro)、钠长石(Ab)、绿泥石(Chl)、绿帘石组成,还有碳酸盐矿物。可见到近于平行的劈理。铝铁闪石的长轴往往和劈理走向成锐角相交。劈理之间的小褶曲也是铝铁闪石组成的。它们在千糜岩基础上重结晶生成。河南淅川 73III P94 正交偏光  $\times 50$