

张庆奎, 邵学峰, 关培彦, 等. 内蒙古苏布格塔蓝闪石片岩基本特征及成因分析[J]. 中国地质, 2014, 41(4): 1205-1214.
Zhang Qingkui, Shao Xuefeng, Guan Peiyan, et al. Basic characteristics and genetic analysis of glaucophane schist in Subugeta, Inner Mongolia[J].
Geology in China, 2014, 41(4): 1205-1214(in Chinese with English abstract).

内蒙古苏布格塔蓝闪石片岩基本特征及成因分析

张庆奎 邵学峰 关培彦 杨 宾 赵明远 李安楠 吕凤祥

(辽宁省地质勘查院, 辽宁大连 116100)

摘要:苏布格塔蓝闪石片岩赋存于奥陶纪哈拉哈河组地层中, 岩石组合类型多样, 据蓝闪石光学特征及电子探针分析结果, 认为本区的蓝闪石属铁蓝闪石。蓝闪石片岩的标型矿物组合以蓝闪石+绿帘石+阳起石+多硅白云母+榍石为特点, 由泥质碎屑岩变质重结晶形成, 原岩形成环境为大陆边缘海盆地。其变质成因, 属于与板块运动有关的区域低温中高压动力变质作用形成。

关键词:蓝闪石片岩; 电子探针; 标型矿物组合; 边缘海盆地; 板块运动

中图分类号: P578.955 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2014)04-1205-10

1 引言

蓝闪石片岩及其共生的高压变质矿物是削减板块边界的一个重要标志^[1-4]。内蒙古苏布格塔蓝闪石片岩的发现, 引起国内地质界的广泛重视。早在1981年黑龙江省区调队在1:20万塔尔其幅区调工作中, 就发现了蓝闪石片岩, 并结合区域岩石矿物划出了“双变质带”, 但未对其做详细的岩石学及单矿物化学研究。辽宁省地质勘查院2010—2012年在内蒙古头道桥等4幅区域地质调查工作中, 于苏布格塔奥陶纪哈拉哈河组片岩中, 发现了由特种变质矿物蓝闪石和多硅白云母及绿帘石、阳起石、斜长石等组成的蓝闪石片岩, 并对其岩石学、岩石化学及主要单矿物化学特征作了较为系统的综合研究, 这是本次区调工作

中的重要进展, 对区域板块构造的研究具有重要意义, 并得到验收专家首肯^[5]。初步研究结果表明, 蓝闪石片岩产出地质特征、分布规律、岩石组合及其标型矿物共生组合与北祁连山高压变质带蓝闪石片岩相似, 这对深入探讨本区变质作用和蓝闪石片岩的成因提供了实际资料。

2 蓝闪片岩产出地质特征

本次区调工作区位于内蒙古自治区东北部, 呼伦贝尔盟海拉尔南90 km, 红花尔基林场境内(图1), 发现的蓝闪石片岩位于头道桥林场南4 km的苏布格塔(图2), 地理坐标: 东经120°14'58"; 北纬48°14'31"。

苏布格塔蓝闪石片岩赋存于奥陶纪哈拉哈河组地层中。该区古生代地层区划属于北疆—兴安

收稿日期: 2013-08-12; 改回日期: 2014-03-25

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目(1212011120668)资助。

作者简介: 张庆奎, 男, 1967年生, 教授级高级工程师, 主要从事区域地质矿产调查研究工作, 研究方向为构造地质学、岩石学;
E-mail: zhangqingkui2008@163.com。

通讯作者: 邵学峰, 男, 1982年生, 工程师, 主要从事区域地质矿产调查研究工作, 研究方向为岩石学、构造地质学;
E-mail: shaoxuefeng_2008@tom.com。

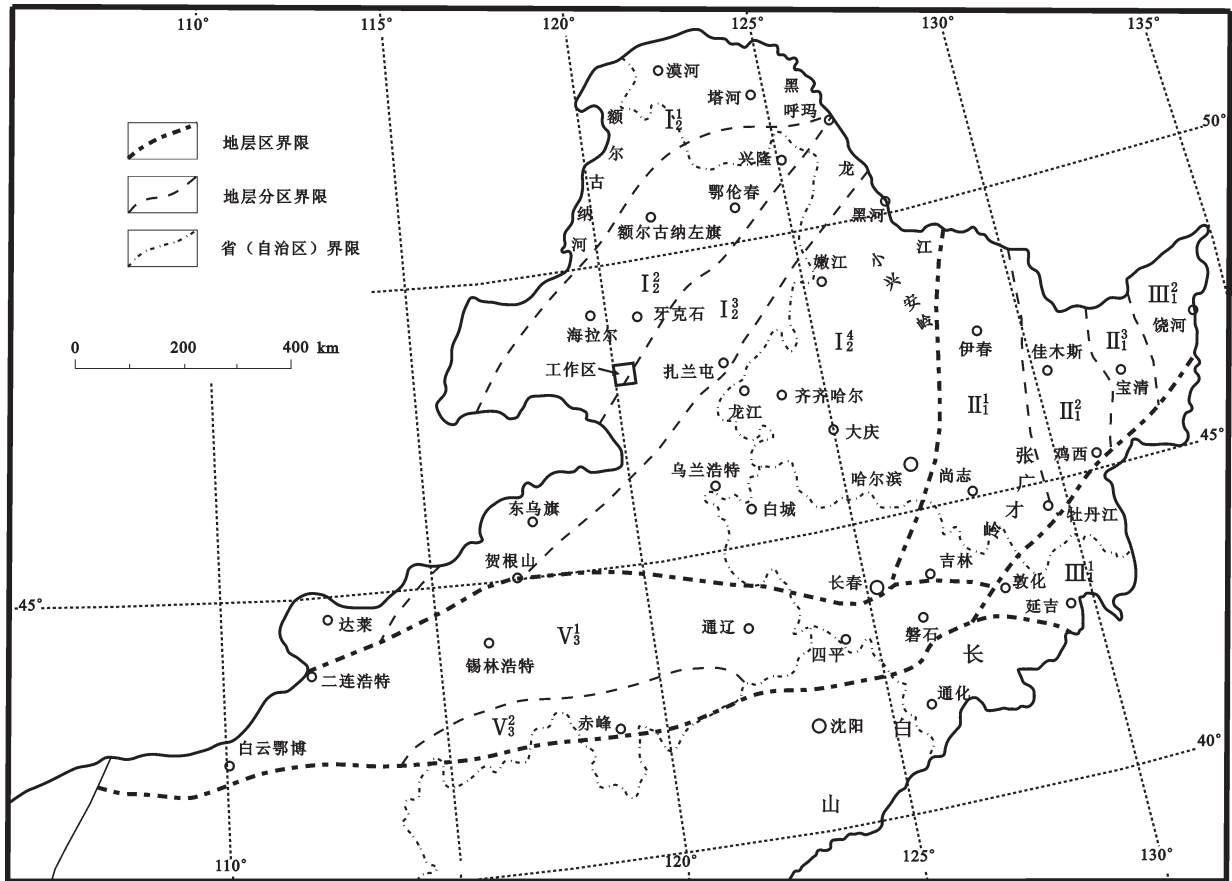


图1 中国东北区古生代地层区划分图^[6]

I₂—兴安地层区; I₂¹—额尔古纳地层分区; I₂²—达莱—兴隆地层分区; I₂³—东乌—呼玛地层分区; I₂⁴—乌兰浩特—哈尔滨地层分区;
 II₁—松花江地层区; II₁¹—伊春—尚志地层分区; II₁²—佳木斯地层分区; III₁—延边地层区; III₁¹—东宁—汪清地层分区;
 III₁²—饶河地层分区; V₃—内蒙古草原地层区; V₃¹—锡林浩特—磐石地层分区; V₃²—赤峰地层分区

Fig.1 Divisions of Paleozoic strata in Northeast China^[6]

I₂-Xing'an stratigraphic area; I₂¹-Ergun stratigraphic partition; I₂²-Dalai-Xinglong stratigraphic subarea; I₂³-Dongwu-Huma stratigraphic subarea; I₂⁴-Ulanhot-Harbin stratigraphic subarea; II₁-Songhuajiang stratigraphic area; II₁¹-Yichun-Shangzhi stratigraphic subarea; II₁²-Jiamusi stratigraphic subarea; III₁-Yanbian stratigraphic area; III₁¹-Dongning-Wangqing stratigraphic subarea; III₁²-Raohé stratigraphic subarea; V₃-Inner Mongolia prairie stratigraphic area; V₃¹-Xilin Hot-Panshi stratigraphic subarea; V₃²-Chifeng stratigraphic subarea

地层大区、兴安地层区、达莱—兴隆地层分区和东乌—呼玛地层分区(图2)。区域变质岩以古生代变质岩分布最广泛,出露面积大。新元古代变质岩仅零星出露,岩石类型较简单,主要为变粒岩和片岩两类,是测区最古老的岩石。古生代变质岩主要为奥陶纪和泥盆纪浅变质岩。区域变质岩类型较多,有变质砂岩、板岩、千枚岩、片岩、变质火山岩和蓝闪石片岩等。

苏布格塔蓝闪石片岩由蓝闪石、多硅白云母、绿帘石、阳起石等铁镁矿物和长英矿物组成。经实测剖面(图3)控制蓝闪石片岩出露宽度40 m左右,其上、下部均为绿泥绢云斜长石英片岩。片岩产状较稳定。

3 岩石学特征

3.1 蓝闪石片岩岩石组合

蓝闪石片岩是低温、高压型蓝闪绿片岩相中常见的变质岩^[7-9]。苏布格塔蓝闪石片岩岩石类型较多。依据蓝闪石与其他变质矿物组合及其含量变化划分蓝闪石片岩类型^[10-13](表1)。主要有蓝闪石绿泥斜长石英片岩、蓝闪阳起绿帘斜长石英片岩、蓝闪绿泥阳起石英片岩、蓝闪阳起绿泥绿帘石英片岩等。与蓝闪石片岩多次交替互层出现的片岩主要有阳起斜长石英片岩、绿帘阳起石英片岩、阳起绿帘斜长石英片岩、绿帘阳起斜长石英片岩等。

岩石多呈灰绿色,主要为纤状粒状变晶结构,

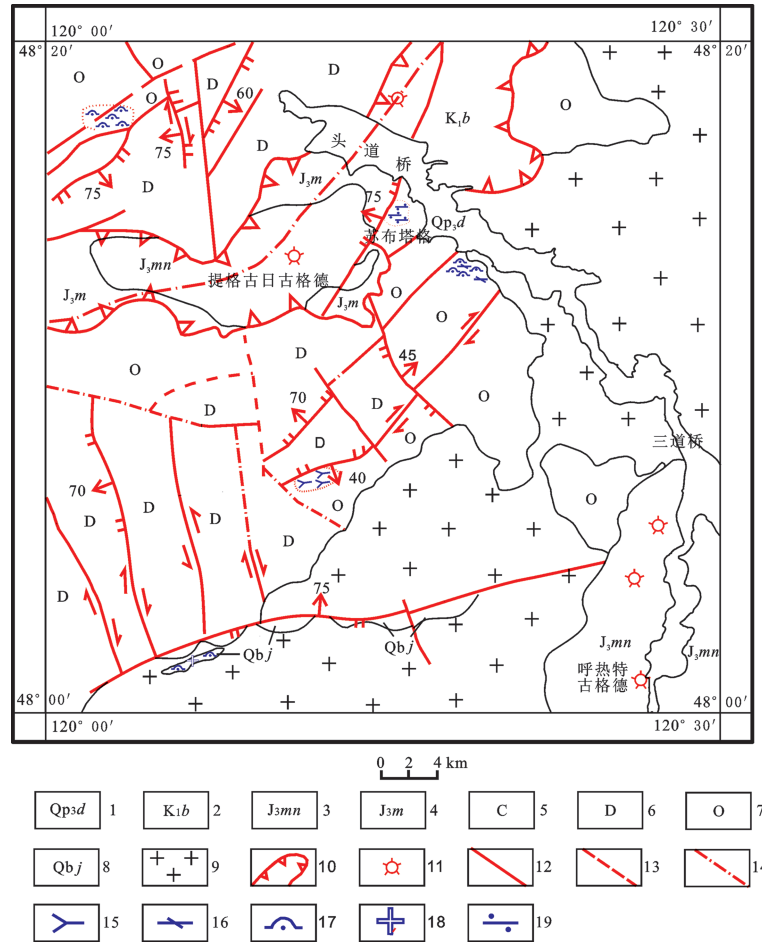


图2 研究区地质略图^[5]

1—大黑沟玄武岩;2—白音高老组;3—玛尼吐组;4—满克头鄂博组;5—石炭系;6—泥盆系;7—奥陶系;8—青白口系佳疙疽组捕掇体;
9—华力西期侵入岩;10—中生代火山喷发带及火山盆地;11—火山口;12—实测断层;13—推测断层;14—隐伏断裂;15—砷线石;16—红柱
石;17—堇青石;18—十字石;19—蓝闪石

Fig.2 Simplified geological map of the study area^[5]

1—Daheigou basalt; 2—Baiyingaolao Formation; 3—Manitu Formation; 4—Manketouebo Formation; 5—Carboniferous; 6—Devonian;
7—Ordovician; 8—Accidental inclusion in Jiagada Formation of Qingbaikou System; 9—Intrusion of Variscan; 10—Volcanic eruption belt and volcanic
basin of Mesozoic; 11—Crater 12—Measured fault; 13—Inferred fault; 14—Buried fault; 15—Cassiterite; 16—Andalusite; 17—Cordierite;
18—Staurolite; 19—Glaucophane

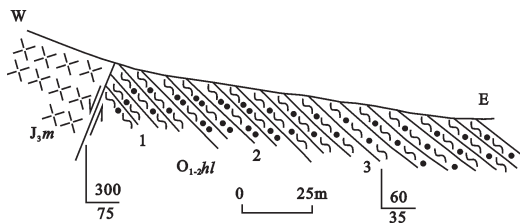


图3 苏布格塔蓝闪石片岩地质剖面图^[5]

1—绿泥绢云(白云)斜长石英片岩 10 m;2—蓝闪片岩非蓝闪片岩互层
40 m;3—绿泥绢云(白云)斜长石英片岩 >600 m;
J_{3m} 中生代满克头鄂博组流纹岩;O_{1-2hl}—奥陶统哈拉哈河组
Fig.3 Glaucophane schist geological section in Subugeta^[5]
1—Chlorite sericite (muscovite) plagioclase quartz schist, 10 m;
2—Glaucophane schist interbedded with non-glaucophane schist, 40 m;
3—Chlorite sericite (muscovite) plagioclase quartz schist,
>600 m; J_{3m}—Rhyolite in Manketouebo Formation of Mesozoic;
O_{1-2hl}—Halahahe Formation of Middle-low ordovician

其次为鳞片粒状变晶结构。以铁镁矿物为主形成的暗色面理与以长英矿物为主形成的浅色面理构成片状构造。

3.2 蓝闪石片岩主要矿物特征

3.2.1 蓝闪石

本区蓝闪石的光学特征如下:矿物呈暗蓝或蓝色—紫色特征多色性,纵切面近平行消光,消光角C/ANg₂=10°左右,为正延性,干涉色低(一般为一级至二级蓝)。蓝闪石结晶形态多为细长柱状、针状、纤维状等,其晶粒大小一般为0.038 mm×0.20 mm~0.10 mm×0.60 mm,大者可达到0.10 mm×0.80 mm,长短轴比变化幅度较大(图4~5)。

表1 蓝闪石片岩序列岩石类型及矿物组成

Table 1 Rock type and mineral assemblage in glaucophane schist succession

编号	岩石类型	厚度/m	矿物组成/%								
			Gln	Act	Ep	chl	Qtz	pl	Ser+Ms	cal	其他
3	绿泥绢云斜长石英片岩	>600			<5	10	65	10	10		
2-8	绿泥阳起斜长石英片岩			25		15	40	10			铁质 10
2-7	蓝闪阳起绿泥绿帘石英片岩		<1	5	40	10	35	<10			
2-6	阳起绿帘斜长石英片岩			10	20	5	50	10		少	铁质 5
2-5	蓝闪绿泥斜长石英片岩		<1	5		15	60	10	5	5	
2	2-4 绿帘阳起石英片岩	40		20	15	5	55	5			
	2-3 蓝闪阳起绿帘斜长石英片岩		<1	20	25	5	37	12			
	2-2 阳起斜长石英片岩			20		5	65	10	少		
	2-1 蓝闪绿泥阳起石英片岩		<1	20		15	60	5			
1	绿泥绢云斜长石英片岩	10			5	15	50	10	20	少	

注:矿物代号:蓝闪石(Gln)、阳起石(Act)、绿帘石(Ep)、绿泥石(chl)、石英(Qtz)、斜长石(Pl)、绢云母+白云母(Ser+Ms)、方解石(cal);矿物含量测定方法为偏光显微镜鉴定,对Gln含量略有放大表示。

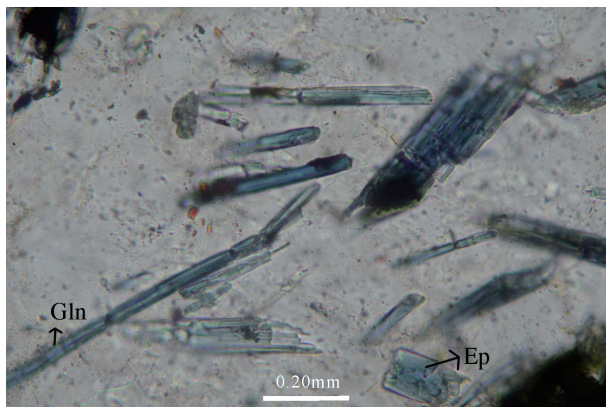


图4 蓝闪阳起绿帘石英片岩(-)

呈暗蓝色细柱状蓝闪石(Gln)与绿帘石(Ep)共生

Fig.4 Glaucophane-actinolite-epidote-quartz schist(-)

Dark blue slender prismatic glaucophane (Gln) associated with epidote (Ep)

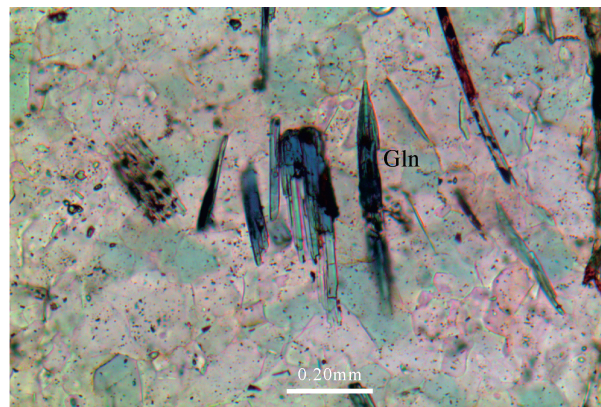


图5 蓝闪绿泥斜长石英片岩(-)

呈针柱状蓝闪石近平行分布

Fig.5 Glaucophane actinolite epidote quartz schist(-)

near parallel needle-prismatic glaucophane

岩石中蓝闪石含量少(1%左右),出现不稳定,且颗粒细小,叶文慧认为蓝闪片岩中蓝闪石的形成与流体活动有关是在高压条件下^[7],岩石矿物粒间富硅、钠、铁组分的流体化学活动性增强,变质反应和重结晶速度加速,致使蓝闪石快速结晶为细小晶体,而由于组分浓度的差异,形成的蓝闪石含量不稳定,特别在较低温度条件下这种影响表现更明显。

本区蓝闪石电子探针分析结果及晶体化学式

见表2。

依据1997年国际矿物学会所修改通过的角闪石命名法(Leake B E等)^[14],B位阳离子数 $Na_B \geq 1.50$, $Mg/(Mg+Fe^{2+}) > 0.5$ 划分为蓝闪石, < 0.5 划分为铁蓝闪石。本区蓝闪石 $Na_B=1.88$, $Mg/(Mg+Fe^{2+})=0.48$, $Na_2O=5.58\%$;而CaO为2.03%,但晶体化学式中六配位数Al^{VI}明显偏低,主要是Al大部分被Fe³⁺置换所致。而且蓝闪石本身蓝色也很深,这与电子

表2 矿物电子探针分析结果及晶体化学式
Table 2 Electron microprobe analyses and crystal-chemical formula of minerals

氧化物 /%	铁蓝闪石 ¹	铁蓝闪石 ¹	铁蓝闪石	多硅白云母 ²	多硅白云母	绿帘石	榭石	阳离子数	铁蓝闪石	多硅白云母	绿帘石	榭石
SiO ₂	51.03	52.20	53.93	46.292	49.13	35.61	29.97	Si	7.7984	3.2985	2.9313	0.9771
TiO ₂		0.70	0.15	0.377	0.48	0.09	36.13	Ti	0.0165	0.0242	0.0054	0.8858
Al ₂ O ₃	3.23	4.25	2.32	25.748	22.72	18.58	1.30	Al	0.3962	1.7975	1.8022	0.0501
Fe ₂ O ₃		8.94	12.70		9.90	5.57		Fe ³⁺	1.7698	0.5002	0.3453	
<FeO>	<20.98>	12.86	16.26	<8.77>	<2.05>	<12.91>	<2.29>	Fe ²⁺	1.5360	0.1150	0.8886	<0.0625>
MnO	0.72	0.65	0.22	0.023	0.01	0.29	0.03	Mn	0.0269	0.0004	0.0203	0.0008
MgO	9.67	5.61	6.76	1.905	3.10	0.42	0.71	Mg	1.4570	0.3102	0.0514	0.0345
CaO	5.59	8.01	2.03	0.002	0.16	2.93	27.48	Ca	0.3145	0.0117	1.9337	0.9598
K ₂ O	0.26	0.52	0.04	9.274	11.00	0.17	0.04	K	0.0070	0.9415	0.0178	0.0016
Na ₂ O	4.16	3.11	5.58	0.270	0.00	0.03	0.37	Na	1.5639	0.0000	0.0049	0.0235
Cr ₂ O ₃			0.01	0.0073			0.16	Cr	0.0009			0.0043
总量	95.63	99.58	98.38	92.824	97.56	95.05	98.48					
矿物名称	矿物晶体化学式											
蓝闪石	(Na _{1.5639} K _{0.0070} Ca _{0.3145} Mg _{0.0017}) _{1.8871} (Mg _{1.4553} Mn _{0.0269} Fe ²⁺ _{1.5360} Fe ³⁺ _{1.7698} Cr _{0.0009} Al ^{VI} _{0.2111}) ₅ (Al ^{IV} _{0.1851} Ti _{0.0165} Si _{7.7984}) ₈ O ₂₂ (OH) ₂											
多硅白云母	(K _{0.9415} Ca _{0.0117} Mg _{0.0460}) _{0.9992} (Mg _{0.2642} Mn _{0.0004} Fe ²⁺ _{0.1150} Fe ³⁺ _{0.5002} Al ^{VI} _{1.1202}) ₂ (Al ^{IV} _{0.6773} Ti _{0.0242} Si _{3.2985}) ₄ O ₁₀ (OH)											
绿帘石	(Na _{0.0049} K _{0.0178} Ca _{1.9337} Mg _{0.0445}) _{2.0009} (Mg _{0.0069} Mn _{0.0203} Fe ²⁺ _{0.8886} Fe ³⁺ _{0.3453} Al ^{VI} _{1.7389}) ₅ (Al ^{IV} _{0.0633} Ti _{0.0054} Si _{0.9313} O ₄)(Si ₂ O ₇)O(OH)											
榭石	(Na _{0.0235} K _{0.0016} Ca _{0.9598} Mg _{0.0151}) ₁ (Mg _{0.0194} Mn _{0.0008} Fe _{0.0625} Cr _{0.0043} Al _{0.0501} Ti _{0.8629}) ₁ [(Ti _{0.0229} Si _{0.9771})O ₄]O											

注:电子探针分析结果由共享协作(北京)分析测试中心提供;1—安徽张八岭蓝闪石片岩带的铁蓝闪石^[15]; 2—内蒙古中西部前寒武纪变质岩中剪切带上的多硅白云母^[16];蓝闪石晶体化学式计算,据Rock & Leake(1984)意见处理EMPA测定的全铁,将(Si+Al+Cr+Ti+Fe+Mn)小阳离子总数调整为13从而得出Fe³⁺和Fe²⁺阳离子系数^[14]。

探针分析结果铁的氧化物明显偏高一致。

依据镜下所鉴定蓝闪石光学特征,结合单矿物氧化物含量及晶体化学式计算的参数值,本区的蓝闪石确定为铁蓝闪石。

3.2.2 阳起石

阳起石含量一般为10%~20%,晶体多呈沿C轴延伸的长柱状、纤维状、放射状集合体,平行片理,呈深浅不一的绿色—黄绿色调,干涉色较高。这是组成暗色片理或条带的主要矿物。

3.2.3 绿泥石

绿泥石含量一般为10%~15%,呈鳞片状集合体,颜色呈不同程度的绿色,镜下呈浅绿色,干涉色很低,与阳起石紧密共生,定向分布,构成暗色片理。在浅色面理内,多分布于长英矿物粒间,显示变余砂状结构特征。

3.2.4 绿帘石

绿帘石含量一般为25%,最高含量可达50%。

晶体多呈粒状集合体,部分呈短柱状或放射状。镜下多呈黄绿色,干涉色鲜艳而明亮。它同阳起石、绿泥石等矿物构成暗色面理。

从电子探针测试结果和晶体化学式(表2)中,可以看出, Si、Al、Ca 略有偏低, B 晶位 Al^{VI}、Fe³⁺ 不足, 由 Fe²⁺、Mn、Mg 代替占位补充, A 晶位 Ca 不足, 由 K、Na 和 Mg 代替占位。上述晶体化学式特点, 表明本区蓝闪石片岩中的绿帘石类质同像代替元素主要是 Fe²⁺、Mn、Mg 和 K、Na。

3.2.5 榭石

榭石在蓝闪石片岩中含量很少, 矿物颜色多呈黄褐色, 晶体切面往往呈特征的楔形或菱形, 双折射率特高, 干涉色为高级白, 正突起很高。

从单矿物分析结果和计算的晶体化学式(表2)可以看出, TiO₂(36.13%)明显偏低, 晶体式中, Ti 晶位不足, 被 Al、Fe、Mn 等元素代替。CaO(27.48%)的含量与标准化学成分(28.6%)略显偏低, Ca 晶位

不足部分,由Mg和K、Na元素代替,上述特征表明
榴石类质同像代替元素主要是Fe、Mg。

3.2.6 白云母和绢云母

细小片状绢云母和片径稍大的白云母含量较
少,部分蓝闪石片岩中含量为5%,在岩石暗色片理
和浅色片理内均有分布。

经电子探针分析,白云母的成分为多硅白云母
(表2),晶体化学式中,Si=3.3,界于北祁连山蓝闪石
片岩中多硅白云母数值(Si=3.24~3.44)之间^[15]。据
Miyashiro(1973)白云母成分与变质相图解(图6),
本区多硅白云母,成分落于绿帘石带与蓝闪石片岩
相界线左上方,温度约450℃,在Velde(1967)的Si
值等值线图中(图7),由于多硅白云母的Si=3.3,所
以当 $P=5 \times 10^8 \text{ Pa}$ 时, $T=480^\circ\text{C}$;当 $P=4 \times 10^8 \text{ Pa}$ 时, $T=$
420℃,反映的是绿片岩相的中高压变质作用。

3.2.7 石英和斜长石

石英和斜长石是本区片岩中主要矿物,也是变
质矿物共生组合中贯通矿物。斜长石含量为10%
左右,石英含量较高,一般为40%~60%。长英矿物
都为它形微细粒变晶,其粒径一般为0.10~0.20
mm,部分粒径为0.20~0.40 mm。结晶程度稍高的
长英矿物中,石英颗粒边界较平直,形成粒状镶嵌
变晶结构。斜长石成分为钠长石-更钠石,聚片双
晶不发育。

部分岩石中,见有微细粒变晶方解石,含量5%
左右,分布于长英矿物粒间,系原岩钙质胶结物变
质重结晶产物。

3.3 共生矿物组合及变质相

蓝闪石片岩中的标型矿物组合以蓝闪石+多硅

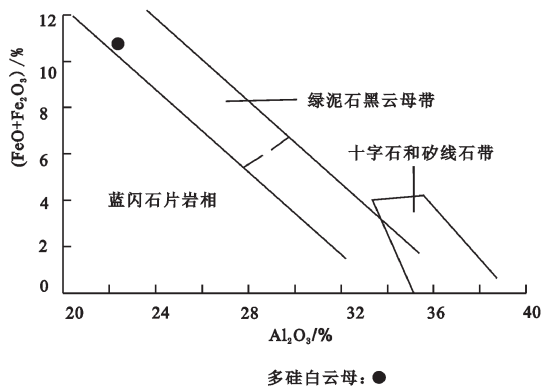


图6 多硅白云母成分与变质相图解(据Miyashiro 1973)^[16]
Fig. 6 Muscovite composition and facies diagram of
metamudstones (after Miyashiro, 1973)^[16]

白云母+绿帘石+榴石组成为特征,与北祁连山高压
变质带的蓝闪石片岩的标型矿物组合相似。

根据以上矿物组合及未出现硬玉、硬绿泥石,
表明本区蓝闪石片岩变质相为蓝闪绿片岩相^[17](图
8),属于中高压低温动力变质作用。据叶慧文报
道^[7],中国蓝片岩形成温度在350~450℃,压力为(5~
8) $\times 10^8 \text{ Pa}$ 条件,蓝闪石和铁蓝闪石形成压力较大。

4 原岩恢复及成岩环境分析

蓝闪石这一特征变质矿物,在高压低温条件
下,可以形成于各种不同原岩类型中,而且在相当
宽的温度范围内是比较稳定的^[7,18]。研究区奥陶纪
哈拉哈河组原岩是加里东旋回的泥质-碎屑岩建

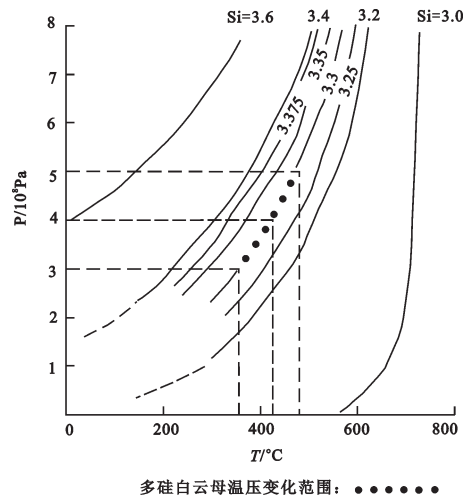


图7 多硅白云母P-T稳定曲线(据Velde 1967)^[16]
Fig. 7 P-T stable curve for phengite (after Velde, 1967)^[16]

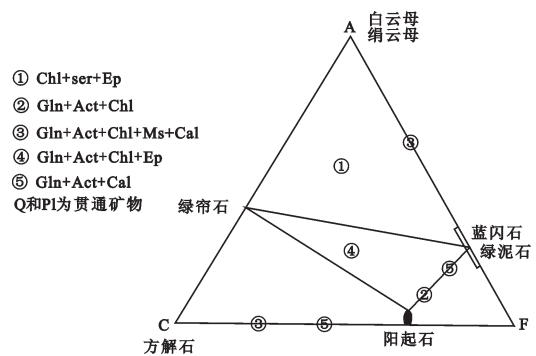


图8 蓝闪绿片岩相ACF图解(仿刘仰文图解 1976)^[17]
Fig. 8 ACF diagram of glaucophane greenschist facies
(after Liu Yangwen, 1976)^[17]

造。蓝闪石片岩的基本结构为纤状粒状变晶结构和鳞片粒状变晶结构,但仍有变余砂状结构残留,在片岩的浅色面理内,长英矿物粒间分布的鳞片状绿泥石、绢云母由原砂岩粘土杂基胶结重结晶形成,方解石由原砂岩钙质胶结重结晶所致。片岩中由阳起石、绿帘石、绿泥石等组成的深色面理(条带)与长英矿物为主组成的浅色面理(条带)互层,反映了原岩层状构造的特征。

另据岩石主要氧化物含量(表3)及计算出的尼格里参数值(表4),在 $(K_2O+Na_2O)-Al_2O_3$ 图解(图9)上和 $Si-[(al+fm)-(c+alk)]$ 图解(图10)上,两个岩石样点都投影于沉积岩区。

综合上述特征,表明奥陶纪哈拉哈河组蓝闪石片岩的变质原岩为泥质碎屑岩,原岩形成环境为大陆边缘海盆地。

5 成因及地质意义

关于蓝闪石片岩的成因解释较多也较复杂,目前主要有区域变质成因和大陆板块与大洋板块相互碰撞运动成因。尽管说法不一,但普遍认为,蓝闪石片岩是在异常低的地热梯度及高压条件下形成^[20]。

本区古生代原岩建造变化较大,早古生代奥陶纪主要为加里东旋回的泥质-碎屑岩和中酸性火山岩建造,属于大陆边缘海盆地沉积环境。晚古生代泥盆纪为华力西旋回的泥质-碎屑岩和含放射虫硅质岩及细碧角斑岩建造,属于次深海-浅海陆棚沉积环境。整体原岩建造序列表现出较大幅度的抬

升和裂隙-沉陷作用,形成次深海和浅海相建造相间特征。

本区蓝闪绿片岩标型变质矿物组合以蓝闪石+绿帘石+阳起石+多硅白云母+楣石为特点。在区域上,古生代奥陶纪变质岩见有红柱石、堇青石组成的片岩,红柱石、堇青石为低压高温变质矿物,与铁蓝闪石片岩高压低温矿物组成双变质矿物在同一构造区域同时出现(图2),表明其特殊的构造环境。

根据1:20万塔尔其幅区调、内蒙古地质志、东

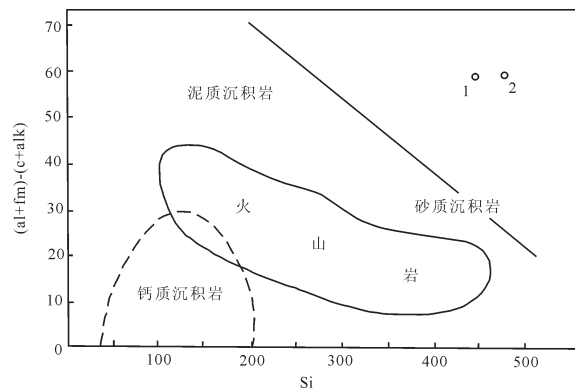


图10 蓝闪石片岩带中的绿泥绢云斜长石英片岩 $Si-[(al+fm)-(c+alk)]$ 图解^[9]

Fig.10 $Si-[(al+fm)-(c+alk)]$ diagram of chlorite-sericite-plagioclase-quartz schist in glaucophane schist^[9]

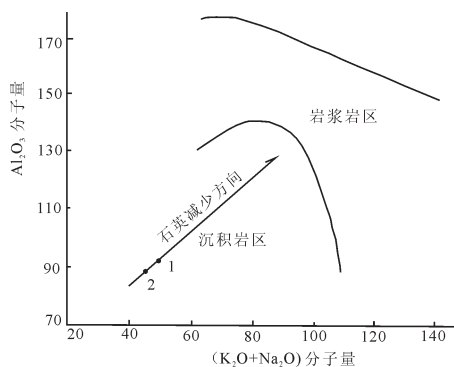


图9 蓝闪石片岩层中的绿泥绢云斜长石英片岩 $Al_2O_3-(K_2O+Na_2O)$ 图解(据普列多夫斯基 1980)^[19]
Fig. 9 $Al_2O_3-(K_2O+Na_2O)$ diagram of chlorite-sericite-plagioclase-quartz schist in glaucophane schist^[19]

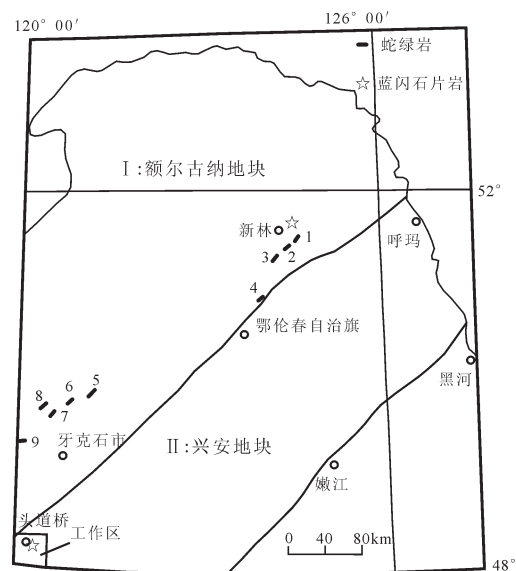


图11 大兴安岭北部蛇绿岩的分布^[6]
Fig.11 The distribution of ophiolite in northern Da Hinggan Mountains^[6]

表3 蓝闪石片岩层岩石主要氧化物含量(%)
Table 3 Main oxide content of the glaucophane schist rock (%)

岩石名称	岩样编号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	Los	Σ
绿泥绢云	1	77.66	0.41	9.30	1.12	2.90	0.25	2.37	0.13	2.89	0.12	0.05	2.68	99.88
斜长石英	2	78.38	0.40	8.94	1.99	1.60	0.09	2.02	0.16	3.49	0.42	0.06	2.36	99.87
片岩	平均	78.02	0.45	9.12	1.56	2.25	0.17	2.20	0.15	3.19	0.21	0.06	2.52	99.86

注:化验分析结果由河北省区域地质矿产调查研究所提供。

表4 尼格里岩石化学参数
Table 4 Niggli lithochemistry parameters

岩样编号	al	fm	C	alk	Si	q z	K	mg	t	c/fm	(al+fm)-(c+alk)
1	35.1	44.8	0.8	19.3	499	321.8	0.6	0.5	15	0.02	59.8
2	37.8	42.2	0.9	19.1	566	389.6	0.8	0.5	18	0.02	60.0

北区区域地层资料,头道桥—鄂伦春深大断裂从本幅头道桥通过。该断裂两侧断续发育混杂堆积、双变质带、石英闪长岩及花岗岩热轴、蛇绿岩等,推测其为板块古俯冲带(图11)。本次双变质矿物的发现为区域构造,特别是微板块之间的碰撞、俯冲提供了依据。

经综合研究,作者认为本区蓝闪石片岩变质成因,属于与板块运动有关的区域低温中高压动力变质作用形成。

致谢:辽宁省地质勘察院韩锦波、李星云、王敏成高级工程师对本项目进行了亲自指导和研究,对本文的编写给予大量的帮助,在此表示感谢!

参考文献(References):

- [1] 周国庆. 蛇绿岩研究新进展及其定义和分类的再讨论[J]. 南京大学学报(自然科学)2009, 1: 1-24.
Zhou Guoqing. The research progress of ophiolite, and the discussion on its definition and classification [J]. Journal of Nanjing University (Natural Science) 2009, 1:1- 24(in Chinese with English abstract).
- [2] 李春昱, 郭令智, 朱夏, 等. 板块构造学 [M]. 北京: 地质出版社, 1982: 70-98.
Li Chunyu, Guo Lingzhi, Zhu Xia, et al. Plate Tectonics [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1982: 70-98 (in Chinese)
- [3] 董申保. 中国蓝闪石片岩带的一般特征及其分布[J]. 地质学报, 1989, (3): 280-281.
Dong Shenbao. The general features and distributions of the glaucophane schist belts of China[J]. Acta Geologica Sinica, 1989, (3): 280-281(in Chinese with English abstract).
- [4] 周高志. 鄂北蓝片岩带特征及地质意义[C]//董申保, 沈其韩, 主

编. 中国变质地质图编制与研究·第一辑. 北京: 地质出版社, 1987: 106-114.

Zhou Gaozhi. Characteristics and geological significance of northern Hubei blueschist belt[C]//Dong Shenbao, Shen Qihan (eds.). China Metamorphic Geological Map Establishment and Research·The First Series. Beijing: Geological Publishing House, 1987: 106-114(in Chinese).

- [5] 张庆奎, 等. 中国区域地质调查报告1:5万头道桥等四幅[R]. 大连: 辽宁省地质勘察院, 2013: 138-144.
Zhang Qingkui, et al. Chinese Regional Geological Survey Reports of 1: 50000 of Four Areas Such as Toudaoqiao, et al[R]. Dalian: Liaoning Province Institute of Geological Exploration, 2013: 138-144(in Chinese).
- [6] 王友勤, 苏养正, 刘尔义, 等. 东北区区域地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997: 7-12, 21.
Wang Youqin, Su Yangzheng, Liu Eryi, et al. Regional Stratigraphy of Northeast China[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997: 7-12 (in Chinese).
- [7] 叶慧文. 中国蓝片岩中闪石族矿物的研究[J]. 长春地质学院学报, 1990, 20(2): 129-134.
Ye Huiwen. Study of nmphiboles from blueschiste in China[J]. Journal of Changchun University of Earth Science, 1990, 20(2): 129-134(in Chinese).
- [8] 张树业, 等. 变质岩结构构造图册[M]. 北京: 地质出版社, 1985: 126-127, 218-220.
Zhang Shuye, et al. Texture and Structure Atlas of Metamorphic Rock [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1985: 126-127, 218-220 (in Chinese).
- [9] 贺同兴, 等. 变质岩岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 1980: 153-154, 170-171, 242-243.
He Tongxing, et al. Petrology of Metamorphic Rock [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1980: 153-154, 170-171, 242-243 (in Chinese).

- [10] 陈曼云, 金巍, 郑长青. 变质岩鉴定手册[M]. 北京: 地质出版社, 2009: 36-88.
Chen Manyun, Jin Wei, Zheng Changqing. Metamorphic Identification Manual[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2009: 36-88(in Chinese).
- [11] 陈曼云, 常丽华, 金巍, 等. 透明矿物薄片鉴定手册[M]. 北京: 地质出版社, 2009: 127-170.
Chen Manyun, Chang Lihua, Jin Wei, et al. Thin Section of Nonopaque Mineral Identification Manual[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2009: 127-170(in Chinese).
- [12] 潘兆橹, 赵爱醒, 潘铁红. 结晶学及矿物学(上册)[M]. 北京: 地质出版社, 2006: 169-179.
Pan Zhaolu, Zhao Aixing, Pan Tiehong. Crystallography and mineralogy (Volume 1) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006: 169-179(in Chinese).
- [13] 王德滋, 等. 光性矿物学[M]. 北京: 科技出版社, 2010: 204-205.
Wang Dezi, et al. Optical Mineralogy[M]. Beijing: Science Press, 2010: 204-205 (in Chinese).
- [14] 王立本, 编译. 角闪石命名法——国际矿物学协会新矿物及矿物命名委员会角闪石专业委员会的报告[J]. 岩石矿物学杂志, 2001, 20(1): 84-100.
Wang Liben(Compile). Amphibole nomenclature——The report of International Mineralogical Association, Committee of New Minerals and Mineral names, Amphibole Professional Commission [J]. Acta Petrologica et Mineralogica., 2001, 20(1): 84-1001 (in Chinese with English abstract).
- [15] 张延人. 张八岭蓝闪石片岩基本特征[C]//董申保, 沈其韩主编. 中国变质地质图编制与研究·第二辑. 北京: 地质出版社, 1988: 192-197.
Zhang Yanren. The basic characteristics of glaucophane schist in Zhangbaling [C]//Dong Shenbao, Shen Qihan(eds.). China Metamorphic Geological Map Establishment and Research · The Second Series. Beijing: Geological Publishing House, 1988: 192-197(in Chinese).
- [16] 李树勋, 孙德育, 于海峰, 等. 内蒙古中西部早前寒武纪变质岩系中韧性剪切带分布规律及找矿预测[M]. 吉林: 吉林科学技术出版社, 1996: 44-45.
Li Shuxun, Sun Deyu, Yu Haifeng, et al. The Ductile Shear Zone Distribution Regularity and Prospecting Prediction in the Early Precambrian Metamorphic Rocks from Midwest of Inner Mongolia.[M]. Jilin: Jilin Science and Technology Press, 1996: 44-45(in Chinese).
- [17] 贺同兴, 等. 中国区域地质调查野外工作方法二分册[M]. 北京: 地质出版社, 1984: 140-141.
He Tongxing, et al. Field Work Method of Chinese Regional Geological Survey, Section Two[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1984: 140-141 (in Chinese).
- [18] 管守锐, 赵微林. 岩浆岩及变质岩简明教程[M]. 北京: 石油大学出版社, 2007: 218-221.
Guan Shourui, Zhao Huilin. Concise Course of Magmatic Rock and Metamorphic Rock[M]. Beijing: Petroleum University Press, 2007: 218-221(in Chinese).
- [19] 黄志安, 等. 中国区域地质调查报告1:5万法库县等三幅[R]. 大连: 辽宁省地质勘察院, 1996: 114-115.
Huang Zhian, et al. Chinese Regional Geological Survey Reports of 1: 50000 of Three Areas such as Faku County[R]. Dalian: Liaoning Province Institute of Geological Exploration, 1996: 114-115 (in Chinese).
- [20] 徐备, Charvet J, 张福勤, 等. 内蒙古北部苏尼特左旗蓝片岩岩石学和年代学研究[J]. 地质科学, 2001, 36(4): 424-434.
Xu Bei, Charvet J, Zhang Fuqin, et al. The petrology and chronology study of blueschist at Sunitezuoqi of northern Inner Mongolia[J]. Geological Science, 2001, 36 (4): 424- 434(in Chinese with English abstract).

Basic characteristics and genetic analysis of glaucophane schist in Subugeta, Inner Mongolia

ZHANG Qing-kui, SHAO Xue-feng, GUAN Pei-yan,
YANG Bin, ZHAO Ming-yuan, LI An-nan, LV Feng-xiang

(1 *Liaoning Institute of Geological Exploration, Dalian 116100, Liaoning, China*)

Abstract: The studied glaucophane schist is in the Ordovician Halahe Formation of Subugeta, Inner Mongolia, and there are a variety of rock assemblage types. According to the optical characteristics and EMP analysis, the authors have come to the conclusion that the glaucophane schist is a kind of ferriglaucophane in the study area. The topomineral assemblage of glaucophane schist is characterized by glaucophane + epidote + actinolite + phengite + sphene. The schist was cemented and recrystallized by shaly clausolite, and the formation environment of native rock was the marginal-sea basin of the continent. The metamorphic origin belonged to the regional low-temperature/middle-high pressure dynamic metamorphism related to plate movement.

Key words: glaucophane schist; EMP; topomineral assemblage; marginal-sea basin; plate movement

About the first author: ZHANG Qing-kui, male, born in 1967, senior engineer, engages in regional geological and mineral resource survey and the study of tectonics and petrology; E-mail: zhangqingkui2008@163.com.

About the corresponding author: SHAO Xue-feng, male, born in 1982, engineer, engages in regional geological and mineral resource survey and the study of petrology and tectonics; E-mail: shaoxuefeng_2008@tom.com.