

# 新疆阿尔泰古生代变质作用及变质相带

赵明玉 顾家俊

(新疆地质局区域地质调查大队)

阿尔泰山呈北西向绵延于新疆北部,国内部分长达420公里。宽约60公里余。变质岩发育,是我国古生代变质岩石重要分布区之一。

七十年代以来,本区开展了大面积的区域地质调查,其间,笔者曾对变质岩进行了初步研究,1678年夏又随同程裕洪先生到阿尔泰山南坡进行变质岩考查,本文系根据这些成果综合研究整理而成。

## 一、区域地质简况

古生代时,阿尔泰山接受了厚达12100余米的地槽型沉积。岩浆活动(以酸性为主)极其强烈。褶皱、断裂构造颇为发育。属华力西地槽褶皱带。

阿尔泰地区据其沉积建造及构造变动特征,从北向南明显地可分成三个构造岩相带(图1)。最北部为玉什库勒构造岩相带,位于阿尔泰山东段北侧直至中蒙国境。出露地层为泥盆纪一早石炭世海相酸性火山岩及沉积岩建造,是古生代中期沉积构成的复向斜。向南为可可托海构造岩相带,呈北西向延伸,纵贯全区,宽50—60公里,为阿尔泰变质岩带的主体部分,在富蕴、库尔木图等地该带和南北两个构造岩相带分别以深大断裂分开。出露地层以奥陶系哈巴河群及志留系库鲁木提群变质岩为主,原岩为一套厚达5000米以上的浅海相类复理式沉积;下泥盆统康布铁堡组及中泥盆统阿尔泰组分布在本带南侧的向斜构造中,属变质酸性火山岩—沉积岩建造。它是以早古生代沉积为主组成的复背斜。喀喇额尔齐斯构造岩相带位于阿尔泰地槽褶皱带的南缘,由于第四系覆盖仅出露东、中、西三段,分别在玛因鄂博山的南侧、苏普特—锡泊渡间和哈巴河县西北奇本德山等地,成狭长带状断续延伸,以额尔齐斯深断裂为界和准噶尔褶皱带未变质的古生界分开,出露地层除上述的下、中泥盆统,

---

### 照片3 单层、双层空心豆状构造铬铁矿矿石

后期节理错断空心豆体。黑色为铬尖晶石,灰白色为蛇纹石 缩小0.7倍

### 照片4 被拉长的空心豆状铬铁矿粒

具定向排列,产于矿体边缘,豆体分布较稀、壳薄,黑色为铬尖晶石,灰、灰白色为蛇纹石 原大

### 照片5 单层、双层空心豆状构造铬铁矿矿石

豆体在内应力作用下被拉长,豆粒间接触界线较平直。豆体内外蛇纹石中见细粒星散状分布的铬尖晶石及磁铁矿。黑色为铬尖晶石,灰、灰白色为蛇纹石 放大2倍

### 照片6 网环状、网脉状、豆状(空心)构造铬铁矿矿石

黑色、灰黑色为铬尖晶石,白、灰白色为蛇纹石 缩小0.9倍

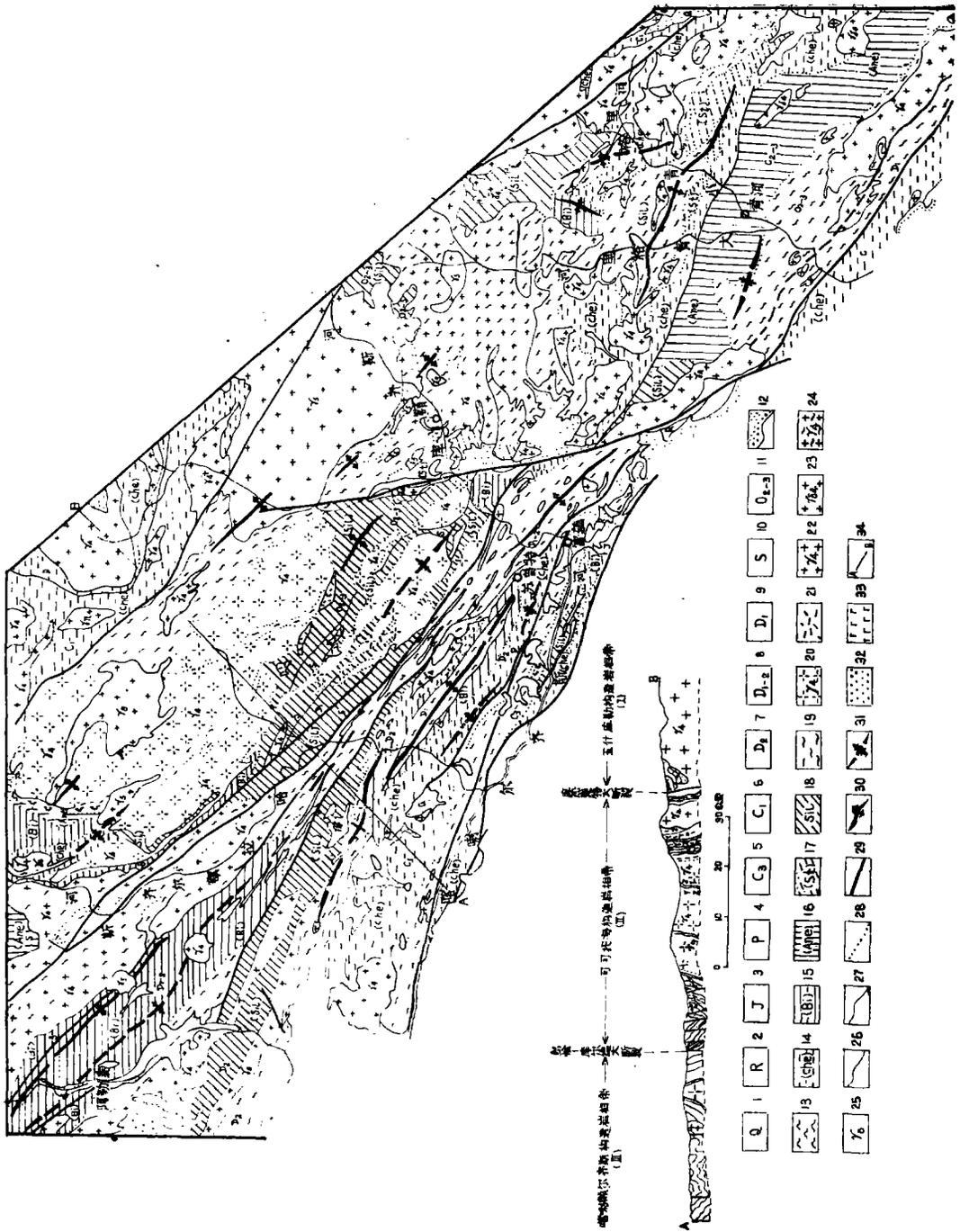


图1 新疆阿尔泰部分地区古生代变质岩带略图

1-第四系松散层；2-第三系泥岩、砾岩；3-侏罗系砂泥岩、砾岩；4-二叠系砂泥岩、砾岩、火山岩；5-上石炭统变质砂岩、板岩、片岩、片麻岩、混合岩及残斑变岩；6-下石炭统火山岩及碎屑岩；7-中泥盆统角闪岩、绿片岩夹残斑变岩；8-下-中泥盆统变砂岩、片岩、

石炭系广泛分布,属海陆相沉积;二叠系局部分布,下统属陆相堆积,上统为典型的磨拉斯建造。是以石炭纪沉积为主体的复向斜。上述各构造岩相带均在地槽的整个发展过程中受到不同性质及不同强度的变质作用和混合岩化作用。

花岗质岩石的广泛分布是本区的一个显著特点。这类岩石约占基岩总面积的40%。集中分布在可可托海构造岩相带的轴部,为复背斜构造控制,由混合岩化花岗岩化作用形成。南北内带产于复向斜中的花岗岩体,规模较小,它们是花岗岩化过程中深熔作用产生的再生岩浆在区域应力的驱动下上升中熔蚀的空间而形成(照片1)。花岗质岩石不是造成阿尔泰山变质带的原因,而是变质作用和混合岩化作用演化发展的结果。也是阿尔泰山古生代变质带的一部分。

## 二、变质作用及变质相带

### (一) 区域变质作用\*

1.玉什库勒构造岩相带:泥盆系(未分)、上泥盆统一下石炭统及下石炭统经受同等程度的区域变质,形成泥质板岩、硅质板岩、粉砂质绢云母绿泥板岩、绢云母千枚岩、变质砂岩、阳起石石英粉砂岩、残斑变岩及部分黑云绿泥石英片岩。原岩为一套砂、泥质岩石和酸性喷出岩。矿物组合为绢云母、绿泥石、石英及部分雏晶黑云母。属于绿片岩相低级阶段的绢云母带到绿泥石带,构成阿尔泰山北缘晚古生代区域变质浅变带。

2.可可托海构造岩相带:位置相当于以往文献中的额尔齐斯复背斜或富蕴地背斜。总体在哈龙及青河县城以北,分别向西北及东南方向倾没。区域变质岩石可划分为两个变质相,六个变质带:

#### 绿片岩相

主要分布在可可托海构造岩相带的西部和东部,相当于复背斜的倾没端及外围。可划分为二个变质带:

(1)绿泥石带:在布尔津河及哈巴河上游,青河以北和克兰河到苏木代尔格河上游广泛发育。地层为中一上奥陶统及志留系,其走向和区域性构造线一致。岩石为变砂岩、板岩、千枚岩及绿色片岩,为程度不等的绿、灰色,丝绢光泽。具千枚状、片状及板状构造。矿物组合为绢云母、绿泥石、石英。是绿片岩相的低级阶段。

片麻岩及混合岩残斑变岩夹大理岩; 9-下泥盆统混合岩、片麻岩、角闪岩夹大理岩; 10-志留系片岩、片麻岩、变砂岩; 11-奥陶系片岩、变粒岩、片麻岩、混合岩、角闪岩; 12-接触角岩带; 13-堇青石带; 14-绿泥石带(部分含绢云母); 15-黑云母带(部分含铁铝榴石); 16-红柱石带(部分含堇青石和十字石); 17-十字石带; 18-砂线石带(部分含兰晶石); 19-混合岩化带; 20-以混合花岗岩为主; 21-华力西期变质基性岩体; 22-华力西期花岗岩; 23-华力西期花岗闪长岩; 24-华力西期微片麻状花岗岩; 25-燕山期花岗岩; 29-地质界线; 27-不整合; 28-岩相界线; 29-实测断层线; 30-背斜; 31-向斜; 32-砂砾层; 33-玄武岩; 34-图切剖面位置

\* 是区域性热动力变质作用的简称。

(2) 黑云母带：是阿尔泰地区绿片岩相变质的高级阶段。以黑云母代替绢云母和绿泥石为标志，并向铁铝榴石角闪岩相过渡。

黑云母带分布在苏木代尔格河上游及哈龙、阿勒泰、阿巴宫等地的哈巴河群、库鲁木提群、康布铁堡组、阿勒泰组中。原岩为岩屑长石砂岩、泥质粉砂岩、砂泥质岩石经区域变质生成绿泥石黑云母石英片岩、黑云母石英片岩及变砂岩。钙质岩石则变成绿帘—黝帘石族矿物组合，并出现微量角闪石。岩石片理发育，具皱纹片理构造，石英重结晶成条带状集合体，顺趋纹分布。如果岩石中黑云母含量增加，其鳞片则相应变粗。可可托海西南海子口—卡拉先格尔断裂以西，库鲁木提群走向上绿片岩相的两个渐进变质带表现得比较明显，其剖面大致是：

a. 绿泥石带：由绿片岩组成，矿物共生组合为绢云母、绿泥石、石英。宽1—2.5公里。

b. 黑云母带：由黑云母片岩、微晶片岩及千枚状微晶片岩组成。绢云母消失，白云母少量，绿泥石大部或全部被黑云母取代。黑云母雏晶渐次增大，岩石也由微晶构造变成鳞片花岗变晶结构，并向石榴十字矽残石片岩带过渡。宽约6公里。

此外，绿片岩相在区域分布上没有构成广泛连续的岩带，这不仅是由于大量花岗岩体的分隔以及混合岩化的超覆，并且和构造部位有直接的联系。它们主要分布在背斜构造和倾没端及其外围和次级背斜构造的两翼及向斜构造中，是区域变质中低压和低温条件下形成的浅变质岩石。本带中仍保留有条带状及团块状的原岩残余体和原岩的变余结构和构造，据此可确切地恢复其原岩。

#### 铁铝榴石角闪岩相

铁铝榴石角闪岩相是整个阿尔泰地区最深的变质相，根据矿物组合可划分出四个变质带：

(3) 红柱石带：典型的红柱石带分布在青河县城西南阿克塔斯一带哈巴河群。由十字红柱二云石英片岩、石榴红柱二云石英片岩及红柱黑云石英片岩组成。红柱石形成巨大的变斑晶，呈瘤状及柱状出现在结晶片岩中。红柱石断面近正方形，直径2厘米左右，因受后期退化变质作用的影响，部分显浑圆形，并被云母、石英所交代。矿物组合为红柱石、十字石、铁铝榴石、黑云母、石英等。它们代表了区域变质过程中地热梯度较高的低压相系环境。

(4) 十字石带：由于角闪岩相中十字石比较稳定，因此可以出现于中低压相系的各带中，一般不构成较大的独立变质带，可可托海西铁美克及青河县城附近出现有窄的十字石带。十字石呈变斑晶状出现在二云母石英片岩及黑云母石英片岩中。矿物组合以十字石、铁铝榴石、黑云母、白云母、石英等为特征。在昆古依特十字石、红柱石共生，形成十字红柱石片岩。在空间上，一方面十字石带和矽线石带共生或相互过渡，如果十字石带受到混合岩化，则迅速过渡到矽线石带，代表了中压相系具有较高温度的变质环境；另一方面在哈龙到可可托海一带，尤其是塔木别勒协尔到库威、背离背斜核部则矽线石消失而十字石增加。

(5) 兰晶石带：作为中压相系特征矿物的兰晶石，在阿尔泰地区主要分布在可可托海构造岩相带的中部，相当于复背斜轴部的变质带。大部分残存于矽线石带，具有矽线石增多而兰晶石减少乃至消失的现象。并在卡蕴塔什大坂见到矽线石交代兰晶石的现象(照片2)。

这些均说明随着温度的增高前者有为后者所替代的趋势。

比较典型的兰晶石带位于巴利尔斯河与哈拉额尔齐斯河交会口以北库鲁木提群结晶片岩（部分为间层状混合岩\*）中，兰晶石以变斑晶出现，伴生铁铝榴石、十字石及少量矽线石。同时，在这些岩石中有丰富的游离SiO<sub>2</sub>，在变质过程中被强大压应力挤入片状岩石空隙、片理间，形成团包状、饼状、透镜状或串珠状石英脉。它们在垂向上多不生根，和结晶片岩往往表现为和谐和不协调并存的褶皱关系，接触部位的结晶片岩不发生明显的蚀变现象。这种石英脉中常可见到众多的淡天兰色板状兰晶石巨大晶体（长4厘米宽1厘米）局部集聚成团，个别兰晶石晶体的两端同时嵌生于石英脉和结晶片岩中。

（6）矽线石带：深变质的结晶片岩、变粒岩、片麻岩、角闪岩、混合岩等几乎全部属于矽线石带（照片3、4、5、6）。层位上以奥陶系、志留系为主体，还包括泥盆系的部分混合岩。空间上该带主要分布在巴利尔斯、库威、可可托海等地，相当于复背斜的轴部位置，矿物组合以矽线石、铁铝榴石为代表，十字石较常见，兰晶石较少，董青石更少。矽线石一般呈粗纤维状及细毛发状，部分呈囊状、放射状集合体，个别呈皱纹状小透镜体；十字石及铁铝榴石多呈变斑晶，大小悬殊。斜长石主要出现在片麻岩中，以奥长石占绝对优势。泽比特河右岸含十字石的铁铝榴石—矽线石—黑云母斜长片麻岩中（斜长石An<sub>33</sub>左右）矽线石直径为1.5—2厘米，呈纤维—柱状，柱状体长向多数与片麻理平行，少部分与之斜交，个别甚至相垂直。露头上观察到矽线石交代铁铝榴石，镜下还见其交代了十字石和黑云母。该片麻岩中采有岩石化学样，分析结果如表1所示。

矽线石带在分布上多和混合岩、混合花岗岩密切伴随。如喀德热特—库威等地，矽线石片麻岩、矽线石片岩和混合岩、混合花岗岩成互层状反复相间，层厚由百米到数百米，它们在矿物成分及结构上者两有过渡特征，并且有中压相系较高温环境下的变质矿物组合。

3. 喀喇额尔齐斯构造岩相带：位于阿尔泰古生代变质岩带的南部边缘上。变质程度很不一，除苏普特、达罕第尔背斜构造核部以及阿拉朵克—达罕第尔断裂带，喀喇额尔齐斯构造挤压带，由于长期遭受动力挤压及热力变质发育有大量的中深变质岩和各类混合岩外，其它地段则主要为阿勒泰组及石炭系的变砂岩、微晶片石、板岩、千枚岩及片岩。矿物

表 1 含十字—铁铝榴石—矽线石—云母斜长片麻岩化学成分

氧化物	含量(%)	氧化物	含量(%)	氧化物	含量(%)
SiO <sub>2</sub>	63.08	MnO	0.08	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.154
TiO <sub>2</sub>	0.74	MgO	3.92		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.26	CaO	2.04	SO <sub>3</sub>	0.13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.03	Na <sub>2</sub> O	2.21	烧失量	
FeO	4.73	K <sub>2</sub> O	2.24		0.98

\*间层状混合岩是程裕洪先生所用术语，指地层中变质岩与混合岩近似于互层状出现，是较低级阶段的混合岩化现象。

组合在泥质岩中为绢云母、绿泥石、黑云母、石英；中基性喷发岩中为绿帘石、阳起、石钠长石。

苏普特背斜发育有五个完整的区域渐进变质带（图2）。

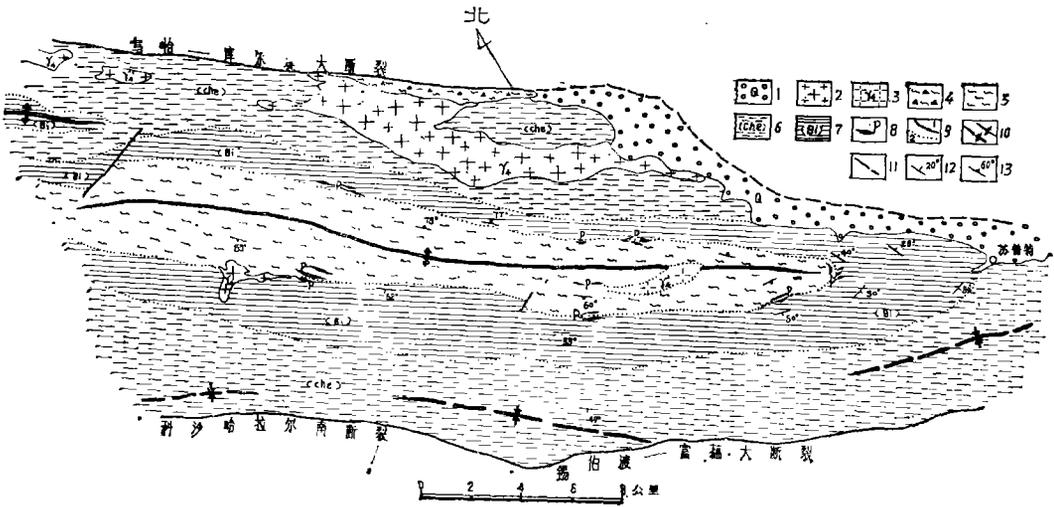


图2 苏普特背斜变质带略图

1—砾石层；2—似斑状花岗岩；3—混合花岗岩；4—具有不同程度破碎的渗透混合岩；5—各种混合岩夹片麻岩、角闪岩；6—绿泥石带（部分含绢云母）；7—黑云母带（部分含铁铝榴石）；8—主要含稀土伟晶岩；9—地质界线、变质带界线；10—背斜（1）及向斜（2）轴；11—断裂；12—岩层产状；13—片麻理产状

（1）绢云母带：出露在背斜北翼边缘部分，由黑色及灰色炭泥质粉砂岩及硅质岩组成，片理发育中等，以普遍出现绢云母细鳞片为特征，硅质发生轻微重结晶，出现石英微晶集合体。宽0.1—1.2公里。

（2）绿泥石带：围绕背斜轴部深变质岩带构成与背斜构造完全谐合的长环状。靠近背斜轴部方向泥质岩石中依次出现绢云母—绿泥石—黑云母。岩石也相应由千枚状变砂岩至绢云母石英片岩、绢云母—绿泥石片岩及石英岩。中基性喷发岩中出现绿帘石、阳起石、钠长石组合。宽2—10公里。

（3）铁铝榴石带：呈环状被包在绿泥石带的内侧（图2中归于黑云母带）。由角闪岩、斜长角闪岩组成一个封闭的黑色岩石圈，宽1.5—4.4公里。其中夹有大量变质酸性火山岩及片岩（砂泥质岩石），呈黑白相间的互层状产出，矿物组合以角闪石为主，斜长石为更长石，部分为钠长石，绿帘石分布普遍而量少，酸性火山岩中矿物多已重结晶，并有不同程度的定向排列，泥质岩石中以出现铁铝榴石、黑云母为特征。

（4）黑云母带：沿背斜轴部南东倾没端成马蹄形，分布在铁铝榴石带的内侧，由黑云母斜长片麻岩夹角闪岩、混合岩成，矿物组合为黑云母、斜长石、石英及铁铝榴石。

（5）混合岩带：位于背斜核部组成细长的“梭”形，具有完整的背斜形态和产状。由均质混合岩和条纹、条痕状混合岩及少量片麻岩、混合花岗岩和角闪岩组成。宽3—4.5公

里。

各带之间具有彼此过渡的关系。兰晶石成细小的晶体偶尔存在于混合岩带中。铁铝榴石普遍见于(3)、(4)、(5)带中,(3)带角闪岩中的普通角闪石大都为绿色、淡绿色,部分略有兰绿色。绿帘石可见,大致相当中压相系低温部分(500°C)的绿帘角闪岩相。(2)带片岩中见到阳起石向角闪石变化的现象;泥质岩中开始有铁铝榴石及微量黑云母出现,证明它们属于绿片岩相向绿帘角闪岩相带转化的阶段,这种完整的渐进变质分带,充分反映出苏普特背斜由轴部向两翼具有由中压相系的中温相组到低温相组依次出现的特点。

喀喇额尔齐斯河两侧沿构造挤压带出现了更为复杂的变质现象。富蕴县城两侧横跨挤压带呈现一个不对称的渐进变质带(图3)。由南向北可以明显分出:(1)绿泥石带,边缘部分含有绢云母;(2)黑云母带,部分含铁铝榴石;(3)矽线石、兰晶石带;(4)混合岩带。其中(1)、(2)两带分别由千枚岩及绢云绿泥片岩、黑云母石英片岩、斜长片岩组成,(3)带为片麻岩及部分混合岩。(3)、(4)带中开始出现正长石和矽线石组合。钾长石呈变斑晶或基质。这是挤压带中定向压力长期和反复作用的中心,其中钾长石,矽线石组合的存在说明挤压带中心部位曾经达到角闪岩相高温的阶段(600°—700°C)喀喇额尔齐斯挤压带处于准噶尔和阿尔泰褶皱带的接合部位,它纵贯阿尔泰山南缘经奇本德山沿额尔齐斯河一直伸向苏联,向北与额尔齐斯构造带相连接,是长达870余公里,而宽仅数公里的断裂挤压带,其特点是变质很不均匀,可以从超深变质岩石很快变化为埋藏变质的性质。

综上所述,阿尔泰地区古生代区域变质岩的特征可以概括为以下几点。

1. 区域变质形成深浅程度不等的岩石,它们分别归属于六个渐进变质的相带。

(1) 绿泥石带(包括部分绢云母): 变砂岩、板岩、千枚岩及绿片岩。矿物组合为绿泥石、绢云母、石英。

(2) 黑云母带(包括部分绿泥—黑云母带): 由各种片岩组成,矿物组合为黑云母、绿泥石、石英及铁铝榴石。

(3) 铁铝榴石带(包括铁铝榴石—黑云母带): 同(2)带。含少量角闪石。

(4) 红柱石带: 红柱石结晶片岩。为红柱石、石字石、黑云母、石英、铁铝榴石组合。

(5) 十字石带: 十字片岩。为十字石、二云母、石英组合。

(6) 矽线石带(包括兰晶石—矽线石带): 由结晶片岩、片麻岩、变粒岩、角闪岩及混合岩组成。为矽线石、兰晶石、十字石、黑云母、角闪石、斜长石、铁铝榴石组合,有时有红柱石、堇青石。

其中(1)、(2)、(3)带属于绿片岩相,代表中低压相系低温条件下三个连续的变质等级;(4)、(5)、(6)带属于铁榴石角闪岩相,为中低压相系中高温变质的产物。

2. 除苏普特和达罕第尔背斜等地外,大部地区各变质带在平面上交替或重复,有时出现某个相带的缺失和超覆。这样分布上的不稳定性,除了混合岩化作用的干扰外,主要反映了区域变质过程中温度、压(应)力分配上的不平衡。

3. 区域变质中的退变质现象比较普遍,但程度颇有差异。主要表现为堇青石、红柱石

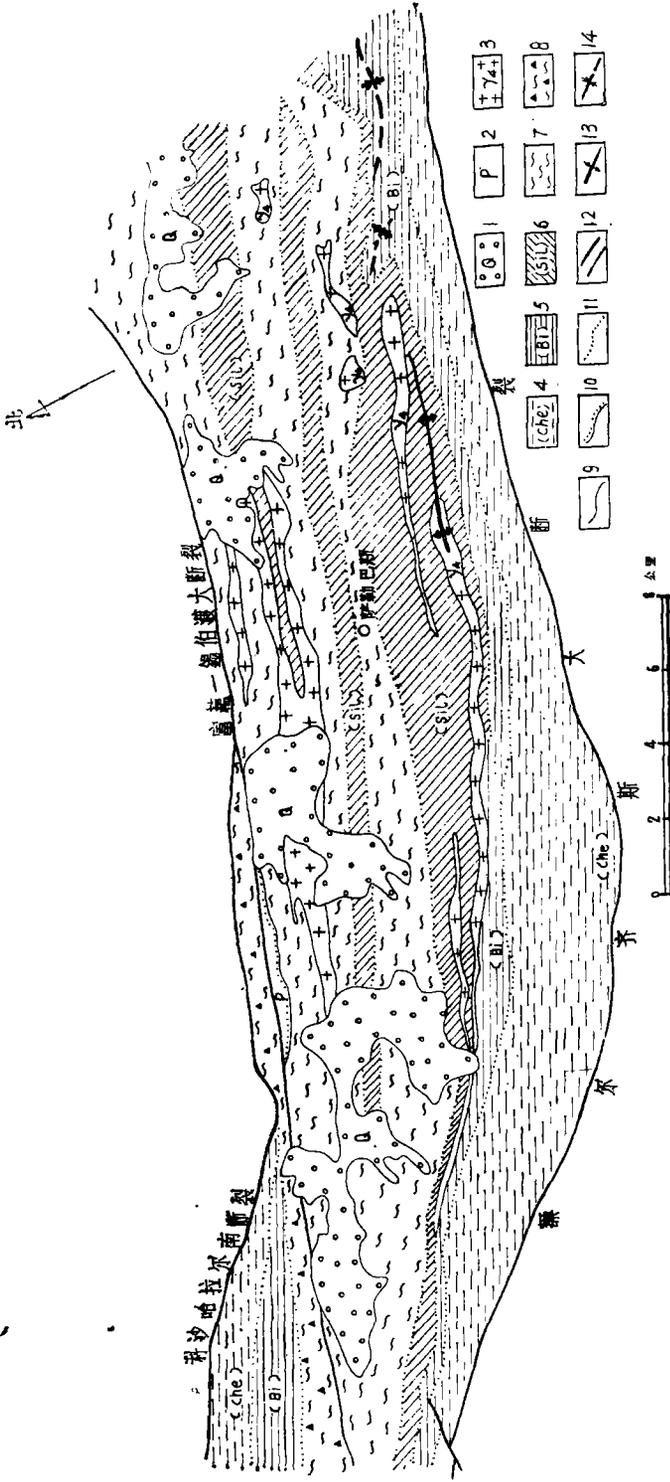


图3 富蕴西萨勒巴斯一带上石炭统变质带略图

1—第四系砂砾层；2—未变质二叠系；3—遭受挤压的花岗岩；4—绿泥石带；5—黑云母带（部分含铁铝榴石）；6—砂线石兰晶石带（片麻岩、间层状部分混合岩；7—混合岩带；8—具不同程度碎裂混合岩及碎斑岩；9—地质界线；10—不整合界线；11—变质带界线；12—大断裂（1）断层（2）；13—背斜；14—向斜

和十字石沿晶粒边缘及裂隙被绢云母部分或全部交代；黑云母具程度不同地绿泥石化，白云母交代黑云母，角闪石局部被黑云母交代，它们是区域变质以后热液及水化作用的结果，并常沿后期的断裂出现。

4. 从构造角度看，绿片岩相浅变质岩大多位于阿尔泰变质带边缘部分的复向斜内或背斜构造的外围。深变质岩主要分布于背斜、复背斜的轴部、断裂挤压带的中心，或者几组应力联合作用的地段，并常和混合岩化、花岗岩化的中心相吻合。

5. 在阿尔泰古生代地槽发展过程中，强烈的构造运动及岩浆活动是引起区域变质的主要因素，整个过程中温度、压力、应力条件的变化，以及所处构造位置和原岩物理化学性质的差别，导致出错综复杂的变质现象。

这种以定向压力为主导的区域变质，主要发生在地槽褶皱带中，因此不会出现高温高压的麻粒岩相及榴辉岩相岩石。这是古生代区域变质带区别于古老地槽中区域变质的重要特点。

## （二）热力变质作用

尽管阿尔泰地区花岗质岩体非常发育，但接触变质作用并不普遍，典型的接触变质岩石只在变质带的东南、西北两端及变质带中复背斜的倾没部位出现。因为这些部位在褶皱带整体构造—岩浆活动中处于相对比较稳定的环境，有利于岩浆对围岩产生热力变质作用。

接触变质形成晕圈的规模与岩体接触面的产状、形态及围岩性质有关，晕圈分带一般不明显，主要岩石为堇青石角岩。它们大部分布在生塔斯、玉什库勒等地花岗岩体的边缘或残留顶盖及捕虏体中。堇青石呈圆卵状及圆柱状变斑晶，内有黑云母、石英及磁铁矿包体，由于退变质作用，已多为绢云母替代而成为“云青石”，并具斑点状构造。部分岩石中堇青石因受后期动力变质作用的改造呈定向排列，退变成绢云母，绢云母鳞片亦作定向排列。斑点状板岩位于角岩带之外，距接触带较远。斑点为云青石，部分为绿泥石、绢云母聚集体，其中包含有变余粉砂及砂屑。在典型的角岩中云青石变斑没有定向排列的特点。

哈巴河到布尔津河上游接触变质作用造成的晕带是比较典型的，由变质晕圈的外边缘到花岗岩体大致出现如下的岩石序列：斑点状片岩—石英黑云母堇青石角岩—黑云母石英岩、黑云母斜长石石英角岩。在远离接触带约1.5—2公里处，斑点状片岩中斑点构造由含绿泥石石英杂质的绢云母细鳞片组成，有时可见堇青石残余。斑点为圆、椭圆形，直径1—2厘米，有时达5—10厘米，向岩体方向靠近，岩石中出现黑云母，并且含量渐增，岩石色调亦加深，开始出现角岩结构。紧贴岩体的接触带出现10—20米宽的黑云母片麻岩，但不稳定，当部分地段缺失时，岩体和角岩直接接触。有的地段如青河县东美尔曼达腊斯河上游从岩体向外依次出现为：花岗岩—眼球状混合岩—条痕状混合岩—贯入片岩—黑云母岩—斑点板岩—变砂岩。

## （三）动力变质作用

阿尔泰地区的动力变质岩主要沿大断裂带分布，出露宽度由数米到数百米，部分达1—2公里。

动力变质作用产生的构造岩，在刚脆性岩石中多形成碎裂，破碎、压碎角砾及糜棱质岩石；塑性较强的岩石多发育有程度不等的劈理。

动力变质具有长期反复进行的特点。同时可以伴随有液相交代作用（以钙钠为主、钾次

之)的叠加,重结晶现象普遍。如在富蕴县城西南喀喇额尔齐斯河北岸,沿断裂挤压带分布的条痕—眼球状混合岩中可以见到五次变质作用的存在:第一次为区域变质性质,生成了变质带最广泛的岩石;第二次为动力变质,使第一次变质生成的长石、石英等粒状矿物被机械作用所压碎;第三次是含钾液相流体沿着已经碎裂的更长石裂隙交代生成反条纹长石及钾长石,具混合岩化作用性质;第四次又以动力压碎作用为主使新生的钾长石,挤压成片麻状及眼球状透镜体;最后一次表现为退变质,黑云母转化成绿泥石。但是,这种情况在同一变质带亦不完全一样,如在该变质带的南缘不存在碱性液相流体的交代,而表现为三次纯动力变质作用的重复。第一次动力变质使砂、泥质岩石中泥质物全部变成绢云母—黑云母细鳞片,呈平行排列,变余粉砂中的斜长石、石英颗粒具强波状消光及破碎,岩石成板状及干枚状。第二次动力变质使第一次形成的岩石再破碎成角砾状并有方解石、石英细脉的侵入。第三次动力变质使第二次变质时侵入的石英细脉发生褶皱错断和破碎,并发生了轻微的重结晶。

### 三、变质时代探讨

地槽褶皱带中发育的变质岩系,其形成过程中物理化学条件的改变总是和一定地质历史阶段中的地壳构造运动和岩浆活动密切相关。阿尔泰山在其地质发展进程中至少发生过四次变质作用。

加里东期变质作用迄今尚未证实,但是在阿勒泰镇西北哈巴河群和库鲁木迪群及康布铁堡组间均为平行不整合接触;在白哈巴东北发现寒武—中奥陶统和上奥陶统间存在一个明显的角度不整合。同时在康布铁堡组( $D_1K$ )中见有黑云母花岗岩的砾石。证实了加里东运动及岩浆活动的存在。可能相应有过一次地槽早期阶段的变质作用。

华力西早期变质作用发生于早泥盆世晚期。这期地壳运动造成阿尔泰组( $D_2^*$ )和康布铁堡组呈不整合接触,二者变质程度上浅下深截然有别,并在上覆层底部发现有下伏层的混合岩砾石。但这次变质仍然属于地槽回返前的一次变质作用。

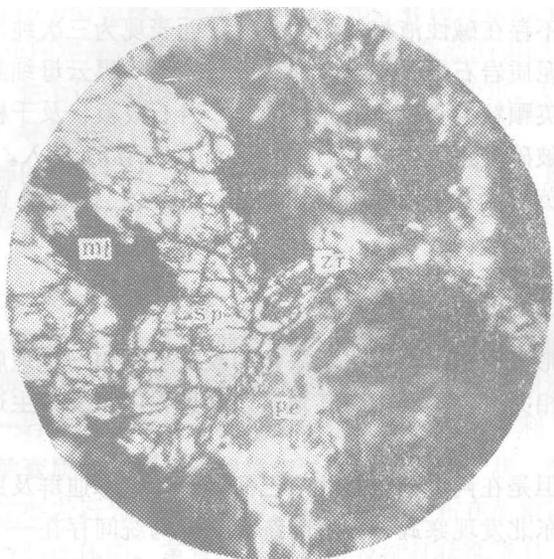
华力西中期,自中泥盆世后,接受了巨厚复理式沉积的阿尔泰地槽从中心部位开始回返褶皱,到早石炭世全面回返,酸性岩浆大规模侵入(同位素年龄3.016—3.3亿年)。出现了延续时间很长波及范围很广的区域变质作用。尽管自地槽中心向两侧变质作用明显减弱,但由于回返中环境的动荡和岩浆作用强度的不均衡性,导致压力、温度、应力环境的差异和多变,形成变质相带的突变以及矿物组合的不稳定。这是阿尔泰地槽发展过程中同构造期的一次“扭转乾坤”的变质。在本区变质作用史上占主要地位。晚石炭世到三叠纪之间的构造运动发生于地槽的南缘(富蕴—锡伯渡之间),造成未变质的二叠系不整合覆盖在已变质的上石炭统之上(图3),代表了构造后期影响范围较小的一次区域变质作用。

华力西晚期到燕山期的变质作用在阿尔泰确实是存在的。这不仅反映在岩体的同位素年龄上,而且也获得了一定数量的变质岩年龄的数据(表2),但它们只表明相应的岩浆侵入体在较缓和的构造运动条件下叠加在区域变质基础之上的接触变质作用和沿构造活动带所发生的动力变质作用。

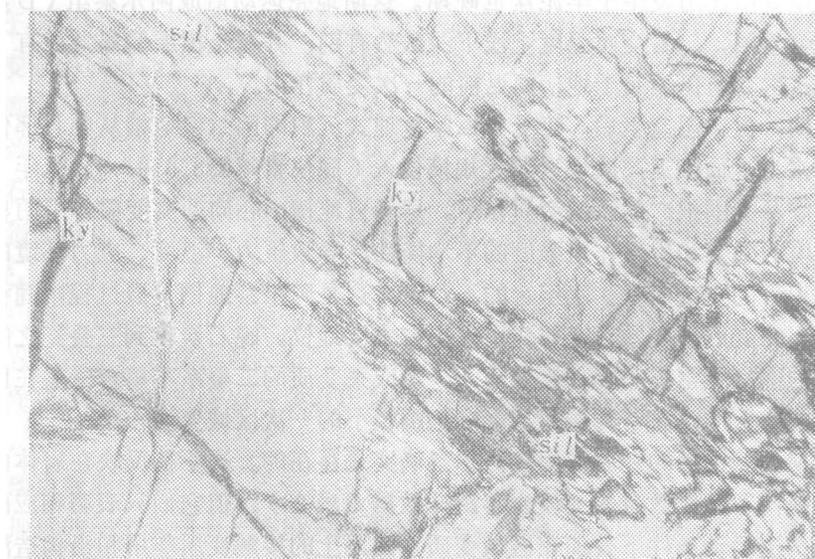
阿尔泰古生代变质带在其地质发展过程中经历了多期次和多相的变质作用。并由于不同阶段中混合岩化交代作用以及退变质作用的影响,使变质岩具有错综复杂的面貌。因此,深

入开展本区变质岩石及变质作用的研究将会有力地推动阿尔泰山地质及有关矿产资源的开发利用。

拟写本文时，作者参阅了阿尔泰地区全部1：20万区调成果，脱稿后承李佩基付总工程师审阅并提出宝贵意见，在此并一致谢。



← 照片1 混合花岗岩(锡伯渡东北10公里) Zr锆石具浑圆形内核 Sp屑石 Pe条纹长石 Mt磁铁矿 正交 133×



照片2 卡德塔什大坂矽线石(Sil)沿解理交代兰晶(KY)正交 55×

表 2 阿尔泰山华力西晚期—燕山期变质岩石变质年龄数据一览表

原 编 号	采 样 地 点	岩 石 名 称	年 龄(百万年)
760K7—1338	克协、库斯特	瘤状堇青更长砂线黑云母片岩	183
XXV—35/1	喀德热特溪	黑云中长条痕状混合岩	204
XXV—43		石榴砂线十字二云母片岩	179
XXIV—44	苏普特上游	堇青砂线黑云更长渗透混合岩	265
460—4	库尔提溪上游	黑云斜长片麻岩	142
VI—34	萨勒巴斯村	黑云斜长片麻岩	124
75162	那森恰岩体	角闪斜长片麻岩	218
75164	那森恰286号伟 晶岩附近	二云母石英片岩	149
63059	阿尤布拉克矿区	黑云母石英片岩	228



照片3 含磷灰石砂线石黑云母片岩(富蕴县塔木别勒协尔西南7公里),由砂线石、黑云母、石英及少量磷灰石组成,纤维鳞片花岗变晶结构,片状构造 单偏光 25×

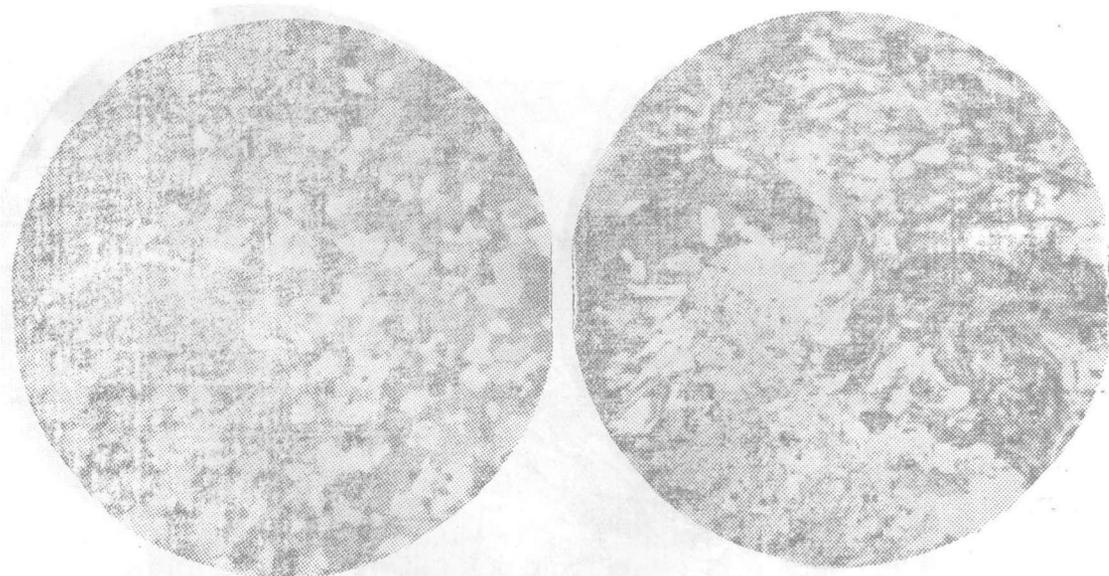
照片4 白云母变粒岩(富蕴塔木别勒协尔西南6公里),由白云母、石英、斜长石组成,白云母与石英呈后成合晶结构,块状构造 正交 50×

# 玉石沟含铬超基性岩体橄榄石 矿物应力特征及地质意义

洛长义

(地质部西安地质矿产研究所)

本岩体中橄榄石矿物特征的研究资料已有较多的记载,尤其是最近几年,又更多地描述了橄榄石晶体的方位定向性,以及该矿物的带状消光和笔者提出的 $2V$ 值异常等应力作用特征。反映了橄榄石矿物是在一定的物理化学条件中受应力作用而形成的,并且这种应力作用所形成的痕迹(系指晶体定向、带状消光和 $2V$ 值异常),在橄榄石矿物中永久地保存下来了。本文对橄榄石矿物晶体所受应力作用的机制进行了分析讨论,并结合岩体地质概况提出本岩体的最终侵位方式是冷侵位的见解。应当指出,笔者仅仅是着重从岩体侵位过程的应力特点出发,而不过多地涉及其它地质因素。由于笔者水平有限,以及超基性岩体侵位方式众说纷纭的现状下,文中分析讨论的问题,谬误难免,敬请读者指正。



照片5 角闪斜长变粒岩(富蕴县塔木别勒协尔西5公里),由更长石、石英、角闪石组成,细粒花岗镶嵌结构,块状构造 正交偏光  $23\times$

照片6 含十字兰晶—红柱矽线黑云母片岩(卡拉先格尔东北12公里),视域中红可见红柱石包裹十字石(小粒) 单偏光  $20\times$