

抚顺—清原地区 鞍山群块状硫化物矿床的区域地质特征

王守伦 高元龙 孙福来 张殿学

抚顺—清原地区位于辽宁省东北部，面积约2500 Km²。区内太古代变质岩系广泛发育，其下部为深变质的麻粒岩相地层，上部为中深变质的角闪岩相地层，后者产出红透山式铜锌矿床多处（属红透山地区），以及张胡子沟铜矿床和大荒沟硫铁矿床（属清原北部地区）等一系列块状硫化物矿床（图1）。矿石中铅同位素年龄为25~26亿年，在形成时代上可以和鞍山地区鞍山群对比。

一、区域地质背景

（一）区域地层

本区地层划分有几种方案（表1），1976年辽宁省第一区测队把本区地层划为鞍山群通什村组，后来辽宁地质十队和辽宁冶金一〇一队提出本区下部有石棚子组地层存在，可以和浑河南部地层对比，同时又确立了其下部的麻粒岩层，命名为井家沟组和小莱河组，还把斗虎沟西南厚100米的大理岩层划入鞍山群上部（南天门组）。

抚顺—清原地区地层划分方案对比表

表 1

辽宁冶金一〇一队 (1981)		辽宁地质十队 (1981)		辽宁地质公司 (1980)		辽宁第一区测队 (1976)		本 文 (1984)		
鞍 山 群	南天门组	鞍 山 群	红透山组	清 原 群	混合杂岩	鞍 山 群 通 什 村 组	北大岭组	鞍 山 群	辽 河 群	
	红透山组				大荒沟组				变粒岩组合	
	石棚子组				红透山组		红透山组		片麻岩组合	
	小莱河组				基 底 混 合 岩				辉石角闪岩组合	
			井家沟组				金凤岭组		麻粒岩组合	

本文参考上述划分方案，以深变质区绿岩带岩石组合为基础，对照原岩建造及其空间分佈特点和同位素年龄等资料，将本区地层自下而上划分为三套变质岩岩石组合。其层序自下而上为：麻粒岩—片麻岩组合；辉石角闪岩—片麻岩组合；片岩—片麻岩组合（包括上部的片岩—变粒岩组合）麻粒岩—片麻岩组合（或简称麻粒岩组合）相当于本区绿岩带之下的基

1 : 200000

2
1
0
1
2 KM



底岩：辉石角闪岩一片麻岩组合（或简称辉石角闪岩组合）相当本区绿岩带的下部层位，或称下绿岩；片岩一片麻岩组合，包括片岩—变粒岩组合（或分别称长麻岩组合，变粒岩组合）相当于本区绿岩带的上部层位，或称上绿岩。本区上、下绿岩之间以及下绿岩与基底岩层之间推测均为角度不整合。区内斗虎沟以南分佈的厚层状大理岩、角闪岩组合未划入鞍山群是基于以下的考虑：辽吉地区太古界地层中尚未发现厚层状大理岩；该区北西方向至开原之间有辽河群地层广泛出露，该大理岩层可能属辽河群地层。

1. 麻粒岩—片麻岩组合。分佈在区域南北两侧，北部为榆树底下至井家沟一带，南侧为苍石以南，暖泉子至小莱河一带。岩石组合以浅色长英质麻粒岩为主，岩石类型有含紫苏黑云柘榴麻粒岩，黑云柘榴紫苏斜长麻粒岩，二辉柘榴斜长麻粒岩等。其岩石特点是缺乏典型的麻粒岩构造，呈块状或片麻状构造。结构为中细粒花岗变晶结构和次变边结构。标志性矿物为紫苏辉石和反条纹长石。代表性矿物组合为斜长石+紫苏辉石+反条纹长石+柘榴石。另常见有黑云母、角闪石等含水矿物和石英、透辉石。副矿物普遍见有锆石和磷灰石，有的含有榍石，其中锆石均呈浑圆或椭圆形微粒。斜长石粒径一般为0.5~1 mm，少数粗至2.5 mm。测得消光角 $NP \wedge (010) = 12^\circ$ ，相当于An 28%的斜长石。反条纹长石即于斜长石晶体中分佈有补缀状钾长石，呈微小的方形形状，平行晶体延长方向分佈呈稀疏状，数量不到整个反条纹长石的5%，晶体洁净透明，无次生变化。紫苏辉石根据休斯等人的 $MgSiO_3 - FeSiO_3 - CaSiO_3$ 图解判别，属铁紫苏辉石，根据哈塔利亚确定斜方辉石成因原则，相当于 $FeO > 16.00$ ， $MgO < 24.00$ ， $SiO_2 < 50.00$ 的范围，属变质成因，而非火成成因紫苏辉石。柘榴石，据化学分析结果计算属铁铝榴石，其组成特点是含锰铝榴石分子数很低，而钙铝榴石分子数较高，镁铝榴石分子数较低（表2）。在榆树底下剖面，麻粒岩—片麻岩组合地层构成一个向斜，走向 $NWW 290^\circ$ ，其中黑云母、紫苏辉石长英麻粒岩层厚约100米，构成该向斜核部，两侧出露多层二辉麻粒岩，紫苏辉石麻粒岩以及黑云角闪斜长片麻岩等，单层厚度5~20米不等。该岩石组合层序遭受钠质花岗岩和钾质花岗岩的强烈改造。在麻粒岩层分佈地段，产出含金石英脉型金矿，矿脉赋存在黑云角闪斜长花岗岩中，含金石英脉中铅同位素为多阶段异常铅，具太古代古老铅同位素特征。关于该岩石组合的层位问题，根据它具有与本区绿岩带完全不同的原岩类型，含金石英脉的铅同位素特征，高级变质相及产出特征，暂定为本区太古代的基底岩层。线金厂紫苏花岗岩锆石U—Pb法年令为26.53亿年（辽宁地质十队），因为该层中所见锆石呈浅红色，透明度低，具有明显后期混合岩化改造特征，所以其原始年令应大大老于26亿年，有人曾在本区麻粒岩中发现黄色锆石（吴家弘等，1981），应为更老的锆石。

2. 辉石角闪岩—片麻岩组合。主要出露在清原北部北龙王庙、马家店一带，红透山地区可能在红透山与红旗山之间的背斜部位有所出露。岩石组合为透辉斜长角闪岩、斜长角闪岩、含长黑云阳起石岩、黑云角闪岩以及黑云角闪斜长片麻岩（变粒岩）和浅粒岩。岩石组合以发育普通辉石和透辉石为特征。在马家店和北龙王庙地段该岩层构成北西向紧闭同斜褶皱，厚度估计为1500米，其中辉石斜长角闪岩层厚度为20~30米。该地层也被钠质花岗岩侵入和钾质混合岩化作用强烈改造，发育英云闪长岩，二长花岗岩和钾质混合岩，在花岗岩类岩层中，常见斜长角闪岩、黑云角闪岩和黑云阳起岩扁豆体或残留体，一般厚度为几米。侵入于该地

柎榴石分子数及晶格常数

表 2

编 号	产 地	变 质 岩 名 称	原岩类型	变 质 相
抚624	红透山外围	柎榴黑云变粒岩	硬砂岩	铁铝榴石—角闪岩
抚629	猴石二道沟	柎榴黑云斜长片麻岩	”	麻粒岩相
抚652	西井家沟	含紫苏柎榴黑云斜长片麻岩	英安质火山岩	”

编 号	柎榴石分子数 (%)				晶 格 常 数
	Fe — Al	Mg — Al	Mn — Al	Ca — Al	
抚624	68.0	20.0	2.0	10.0	$a_0 = 11.542\text{\AA}$
抚629	59.0	12.0	4.0	24.0	$a_0 = 11.590\text{\AA}$
抚652	57.6	20.4	1.8	20.0	$a_0 = 11.573\text{\AA}$

层的钠质花岗岩，其同位素年龄为28.81 亿年（锆石U—Pb 法，辽宁冶金一〇一队），该地层年龄应大于28亿年，与上覆地层未见直接接触，中间往往被大面积混合花岗岩占据，属底辟钠质花岗岩形成的不整合接触。该地层的岩石组合相当于本区下绿岩层。

3. 片岩—片麻岩组合。该岩石组合构成本区块状硫化物矿床的含矿层位，发育在红透山、树基沟、红旗山、大荒沟、张胡子沟以及斗虎沟等地段。岩石组合包括黑云斜长片麻岩、黑云变粒岩、（石英）斜长角闪岩、直闪斜长片麻岩、浅粒岩以及由黑云石英片岩、直闪片岩、长英片岩和白云母石英片岩组成的片岩类岩石。该岩石组合构成的地层可以分上、下两个部份二者间可能为平行不整合，下部是以红透山为代表的含铜锌变质岩层，上部是以斗虎沟为代表的上含金角闪黑云变粒岩层和以张胡子沟为代表的钙质组分较高的含铜变质岩层（以岩石的碳酸盐化为特征）。红透山含铜锌变质岩系自下而上分五个层序：含石墨黑云斜长片麻岩层；角闪片麻岩夹辉石角闪岩层；厚层状黑云斜长片麻岩层，沿走向可过渡为柎榴直闪片岩（片麻岩）层；石英、斜长角闪岩层；硅线黑云片岩和黑云（金云母）斜长片麻岩层，厚度1200~2500米。红旗山、老坟底、六家子、树基沟以及张胡子沟下部层位可以和红透山对比。大荒沟硫铁矿的层位也基本上可以和红透山对比，两地具有相似的岩石组合和方铅矿同位素组成，年龄均在25~26亿年，但大荒沟除以产出硫铁矿为特征外，与红透山比较含矿围岩中普遍具有较高的Fe、Mn含量，角闪石的含铁量（ $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ ）为21.39 %相当于红透山（含铁量为14.83 %）的1.45倍；黑云母中MnO含量为0.12%比红透山（MnO含量为0.05 %）高出一个数量级，因此本文倾向于两地是同时异相的原始沉积产物。在后期大荒沟因遭受压力偏高相的变质作用，而且以发育兰晶石不同于红透山；以红透山为代表的含矿岩系中，做为矿体的直接围岩硅线黑云片岩层和矿体下盘的柎榴直闪片岩层具有重要意义。这两个片岩层的共同特点是：①岩石呈鳞片或柱状花岗变晶结构，有的呈变余砂状结构，片状

或条带状构造。矿物组合中,除粒状和柱状矿物外,具特征性的是发育多种矿物集合体,其矿物成分复杂,包括黑云母、白云母、绿泥石、十字石、石榴石、石英、硅线石、假象纤闪石、透闪石、角闪石、直闪石、尖晶石、金红石、磷灰石、电气石等,其颗粒细小,分佈杂乱。常由3—7种矿物组成集合体,集合体的形状多不规则,有的呈圆形,并呈断续之条带顺层分佈,有的集合体呈变余泥质结构,棱角状石英微粒被泥质变质矿物胶结,集合体的含量一般不超过15%;②上述硅线石黑云片岩层岩石的典型矿物共生组合是石榴石—十字石—硅线石,而直闪片岩层的典型矿物共生组合是石榴石—十字石—直闪石,硅线石与直闪石之间基本上不共生,说明二者变质前的岩石组份不同,前者富硅铝质,而后者富铁镁质;③在宏观上上述片岩层赋存在黑云斜长片麻岩层中,并与之呈过渡关系,同时两种片岩层的分佈局限于矿区内,远离矿区片岩层呈透镜状迅速尖灭。

上述片岩—片麻岩组合构成本区的上绿岩层,该层普遍遭受晚期钾质混合岩化,但未见早期钠质花岗岩侵位,这一重要宏观特征表明,上绿岩层的形成晚于侵位于下绿岩层的早期钠质花岗岩,也是划分上、下绿岩层的重要依据之一,晚期钾质混合岩同位素年龄为27.60亿年(独居石U—Pb法,辽宁冶金一〇一队),比早期钠质花岗岩晚约1亿年,该同位素年龄值只能做参考,并且钠质花岗岩中的锆石多受晚期钾化影响,所以二者年龄差应大于1亿年。

(二) 区域变质程度

区域变质岩石的研究表明,本区的岩石变质程度已达到了相当深的程度。综合矿物共生组合、单矿物和稳定同位素等方面资料,可以确定变质相已达到铁铝榴石角闪岩相和麻粒岩相。

1. 铁铝榴石—角闪岩相:在本区上绿岩层的片麻岩、变粒岩、片岩等岩类中,广泛出现铁铝榴石、硅线石、十字石、直闪石、尖晶石和堇青石,按矿物共生组合,可以将该变质相分为四个亚相:即铁铝榴石—十字石亚相;铁铝榴石—尖晶石亚相;铁铝榴石—十字石—硅线石亚相;铁铝榴石—硅线石亚相。上述四个亚相在空间分佈和相对的温压条件上存在一定的差别:其中铁铝榴石—堇青石亚相属偏低压相,主要分佈在红旗山以南山城沟一带;铁铝榴石—尖晶石亚相属偏高压相,主要分佈在大荒沟一带;铁铝榴石—十字石亚相分佈广泛;铁铝榴石—硅线石亚相属偏高温亚相,主要分佈在红透山和红旗山两地。变质温度:根据别尔丘克的石榴石—黑云母共生矿物对变质温度图解(图2),变质温度为550—600℃;根据氧同位

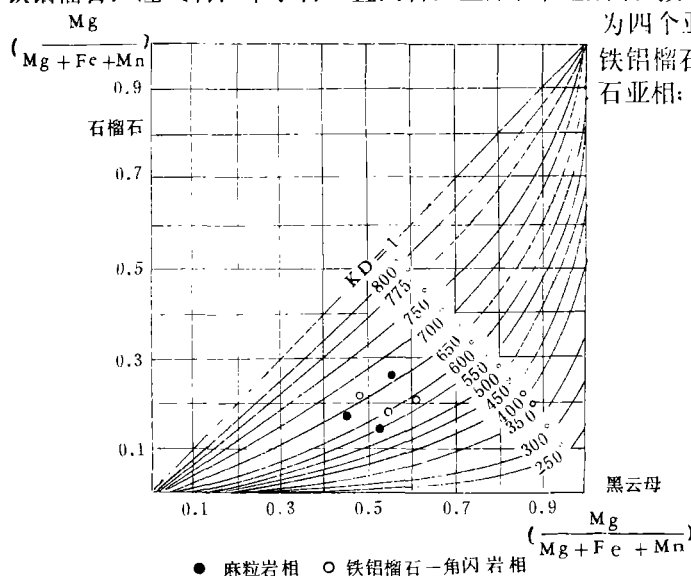


图2 黑云母与石榴石共生矿物对的 $Mg / (Mg + Fe + Mn)$ 分配系数与温度的关系。

度为550—600℃;根据氧同位

素测温, 十字石、硅线石为 $600^{\circ}\sim 700^{\circ}\text{C}$, 兰晶石为 $500^{\circ}\sim 650^{\circ}\text{C}$, 柘榴石为 $500^{\circ}\sim 600^{\circ}\text{C}$; 根据红透山矿床17对硫化物的硫同位素平衡计算温度, 黄铁矿—磁黄铁矿为 660°C , 黄铁矿—黄铜矿为 636°C , 黄铁矿—闪锌矿为 613°C , 平均值为 638°C 。 上述资料表明, 本区铁铝榴石一角闪岩相变质温度为 $500^{\circ}\sim 700^{\circ}\text{C}$, 属中压条件。

2. 麻粒岩相: 为区域最高级变质相, 变质岩专属性矿物有柘榴石和透辉石, 标志性矿物为紫苏辉石和反条纹长石, 共生组合为铁铝榴石+紫苏辉石+反条纹长石。铁铝榴石在组成上, 与铁铝榴石一角闪岩相比较, 其中钙铝榴石分子数高出 2 倍以上, 而锰铝榴石分子数偏低 (表 2); 应用张启锐 (1977) 判别式计算结果为 $y_1 > y_2$ 属麻粒岩相; 黑云母在组份上 TiO_2 含量高达 $3.58\sim 3.91\%$, 相当于本区角闪岩相中黑云母的 3 倍左右, 同时 Fe^{+2} 及 Fe^{+3} 离子也明显偏高, 镜下颜色呈深褐色; 角闪石的颜色呈现褐色色调; 反条纹长石的出现表明, 含有钾长石组份的斜长石是在 700°C 以上高温条件下钾长石组份出溶的结果。应该指出, 上述高含量的钙铝榴石可能反映变质压力较高的形成条件, 同时柘榴石晶格常数的大小与钙铝榴石分子数大小有正相关关系 (表 2), 所以本区麻粒岩相柘榴石的晶格常数比角闪岩相者高, 这与南蒂提出的变质程度增加就会排斥大半径阳离子之说不符, 南蒂之说对 Mn^{+2} 是适用的, 对 Ca^{+2} 却不具普遍意义。据 Euqcl 研究, 麻粒岩相角闪石比角闪岩相的更富 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 和 TiO_2 , 从本区的麻粒岩相区经角闪岩相区到鞍本地区绿帘角闪岩相区, 角闪石的 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 和 TiO_2 含量依次降低, 具有明显的间隔区。 (图 3)。

(三) 区域构造

深变质岩区构造研究是一个重要而又困难的基础地质问题。本文仅从以下二个方面对区域构造轮廓做一初步指述: 1. 确定标志层, 在本区红透山、沔阳、红旗山、顺山地等地区含矿层的一侧均出露有含超基性岩体的层状斜长角闪岩和角闪斜长片麻岩层, 其中超基性岩体的产状与角闪质岩层片麻理一致, 并在转弯处呈同步弯曲, 在该层上部又均出现一层含直闪石片岩 (片麻岩) 的黑云斜长片麻岩层, 这两个伴生层构成红透山式矿床下盘的地层标志层, 其空间展布构成一个向南西倾伏的“V”形褶皱, 这是本区的主要构造格式。2. 构造序次。本区构造变形大致可分出早、中、晚三期, 早期变形为东西向

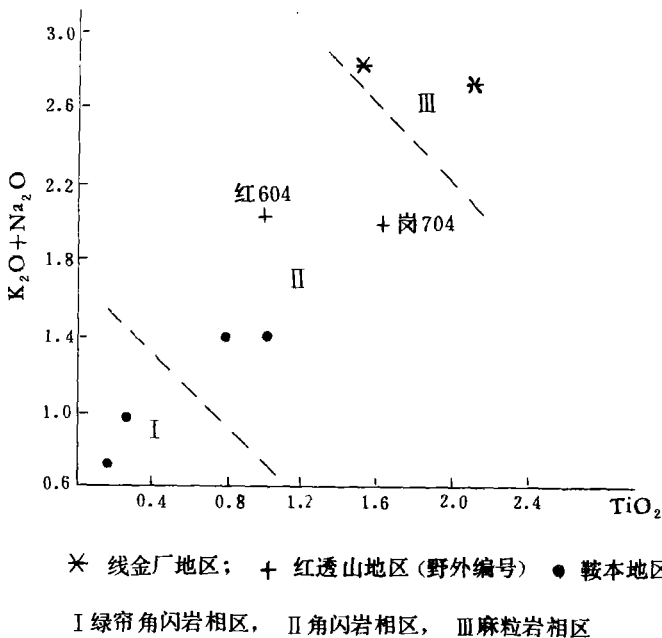


图3. 角闪石成份与变质程度关系图

紧闭褶皱，它们是沉积在本区东西向裂谷带的绿岩层受南北向挤压而形成的近东西向褶皱；中期变形是指迭加在早期褶皱之上的北东向“V”形褶皱及次级的弯曲，区域上普遍见到枢纽向南西倾伏，倾角较陡的小型褶曲，中期变形相当于刘如琦等确定的红透山矿床的3型干扰格式变形；晚期变形是指北西向宽缓褶皱和所发育的折劈理，摩丽红和红石砬子斜长花岗岩的侵位，可能属晚期变形产物，晚期变形在大荒沟至张胡子沟一带表现强烈，造成后者的北西向构造线与红透山地区北东向构造线的相交展布。

(四) 花岗岩类岩石

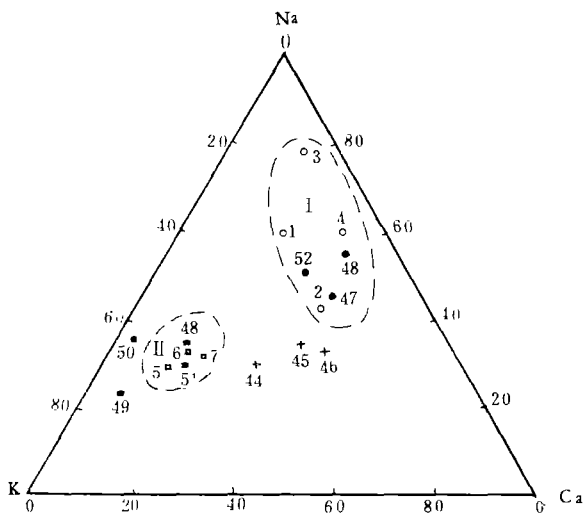
本区太古代花岗岩类岩石极为发育，出露面积可占全区面积的四分之三以上，包括各类花岗岩、混合花岗岩，按岩石化学性质分为两种不同的花岗质岩石，即钠质花岗岩和钾质混合岩。钠质花岗岩是指 K/Na 比值低（ $< 1\%$ ，平均 $0.24 \sim 0.59\%$ ），以斜长石（更长石）为主要组份的花岗岩；钾质混合岩 K/Na 比值高，新生矿物主要是微斜长石和石英，其次为条纹长石、白云母和少量斜长石，混合岩化作用强，可形成混合花岗岩，但未见钾质花岗岩，钾质混合岩的形成以渗透交代为主，属原地型与被交代岩体呈明显渐变关系。在形成时间上具有先钠后钾的顺序，常见钾质混合岩化的钠质花岗岩。

早期钠质花岗岩分佈较为普遍，均分佈在上绿岩层含矿岩系向斜区的外侧，侵入到下绿岩层和麻粒岩层，具有角闪质岩石捕虏体（照片1），晚期钾质混合岩除混合下绿岩层和麻粒岩层外，还大面积混合上绿岩层。

钠质花岗岩的岩石类型有黑云斜长花岗岩，黑云角闪斜长花岗岩，透辉斜长花岗岩以及

二长花岗岩等，在 $Na-Ca-K$ 图解中落入显生宙的钠质花岗岩和奥长花岗岩集中区（图4），在AKF图解中，落入闪长岩、斜长花岗岩区（图5）， Al_2O_3 含量一般大于 15% ，属高铝型钠质花岗岩， $Eu/Eu^* > 1$ 具正铕异常（图6）。

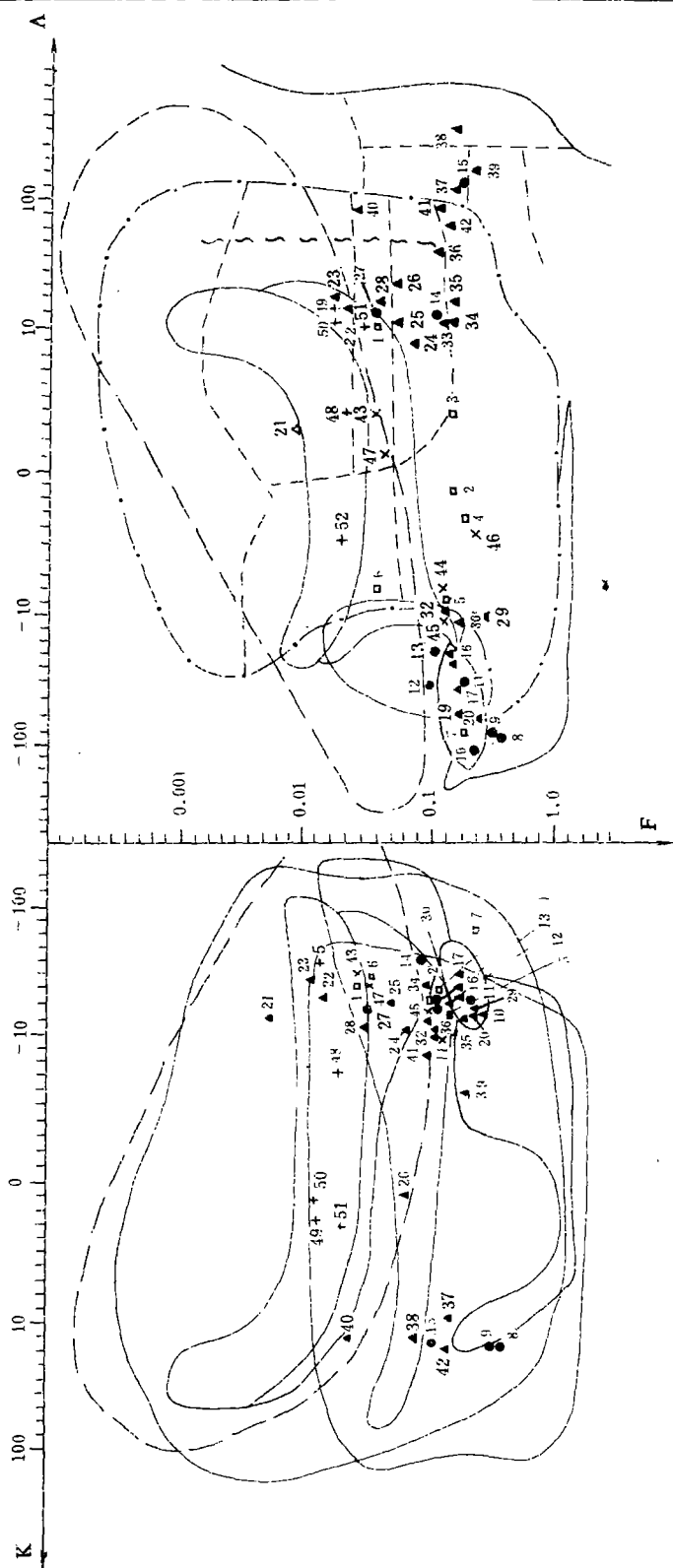
钾质混合岩的岩石类型有黑云母、白云母、二云母钾质混合岩（混合花岗岩），角闪石、透辉石钾质混合岩和混合花岗岩以及黑云母混合二长岩。在 $Na-Ca-K$ 图解中落入钾质花岗岩区，在AKF图解中落入花岗岩区，稀土含量 Eu/Eu^* 比值为 0.91 ，不具花岗岩的明显负铕异常，而与花岗闪长岩相近（图7）。



1 斯威士兰钠质底辟花岗岩；2 斯威士兰浅色钠质花岗岩，
3 西澳奥长花岗岩；4 奥长花岗岩（据戈尔德施密特）5 西
澳普通花岗岩；6 芬兰钾质花岗岩；7 巴伯顿花岗岩；

● 本区钠质花岗岩；○ 国外钠质花岗岩；+ 本区过渡型花岗岩；
■ 本区钾质花岗岩；□ 国外钾质花岗岩；

图4 本区钠质花岗岩与钾质混合岩 $Na-Ca-K$ 图解



□ 麻粒岩层样品；● 下绿岩层样品；▲ 上绿岩层样品；× 钠质花岗岩样品；+ 钾质花岗岩样品 (图解分区见图)

图5 本区变质岩AKF 图解

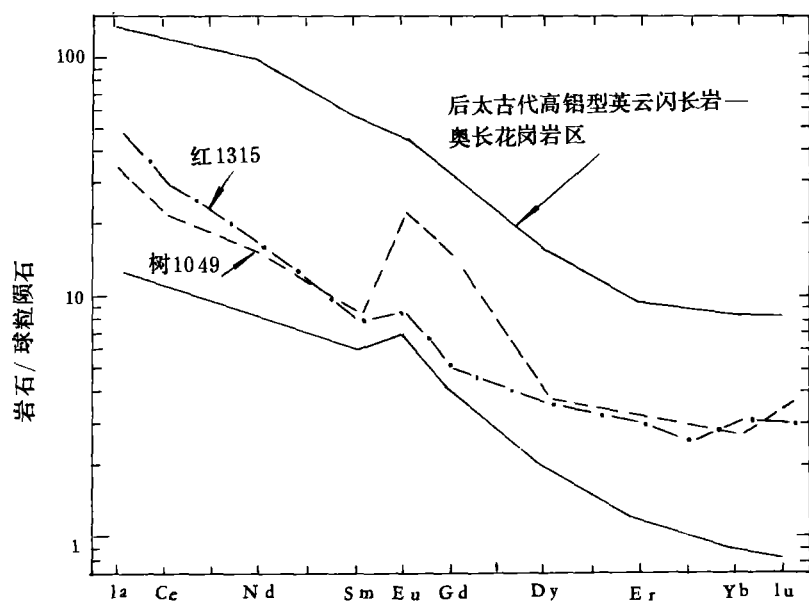


图6 本区钠质花岗岩稀土分布曲线

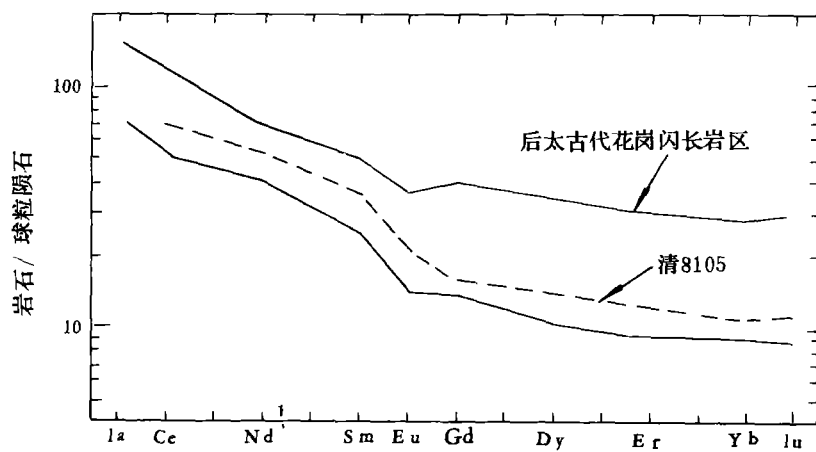


图7 本区钾质花岗岩稀土分布曲线

二、原岩建造及地质构造演化模式

(一) 原岩建造

许多作者对本区变质岩系进行了原岩恢复,并得出了绿岩带原岩建造的认识,本文恢复了以下五种原岩类型和三套原岩建造类型,其中对深变质块状硫化物矿床中,提出了变质前的海底热液蚀变岩的存在。原岩恢复的岩石化学方法采用普列道夫斯基图解。原岩类型的确定还参照了稀土配分、微量元素数据,部分岩石见到原岩残留结构。

1.基性—超基性火山岩。变质岩为产于下绿岩层的透辉斜长角闪岩层中的薄层状、透镜状黑云母化斜长角闪岩,黑云阳起片岩,产于上绿岩层的斜长角闪岩层中的层状辉石角闪岩。据7个样品统计岩石化学成份 SiO_2 43.40 ~ 49.16 %, TiO_2 < 1 %, 平均0.48%, MgO 15.13 ~ 24.34 %, 相当于玄武质科马提岩, K_2O 小于1% (黑云母化斜长角闪岩因混合岩化作用 K_2O 增高大于1%), $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比值为0.69~0.90%, 微量元素含量 Cr 730 ~ 840 ppm, Ni 430 ~ 860 ppm, 在AKF图解中,落入超基性岩区(图5, 样号8、9)。另外本区部份长英麻粒岩和二辉麻粒岩具超基性岩成份,在AKF图解中落入基性和超基性凝灰岩区(样号2.3.4.5)。

2.基性火山岩(拉斑玄武岩)。变质岩为斜长角闪岩类岩石以及部份基性麻粒岩,岩石化学特点(据12个样品统计) SiO_2 46~57%, MgO 4.95~9.94%, CaO 8.60~10.75%, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 比值大于1, 一般为1.81~7.13, 在AKF图解中落入基性岩区, 微量元素具有高含量的Cr、Ni、Co、V、Ti、Sc组合, 其中Cr含量130~410 ppm, Ni含量150~230 ppm, Ni/Co 比值为1.71~3.86, Ba/Sr 比值小于1。镜下见到两类不同的岩石结构构造,一类是下绿岩层的透辉斜长角闪岩,斜长石呈细粒集合体,具有近圆形的轮廓,可能为气孔充填物,还有产于上绿岩层的不等粒变晶结构,角闪石分粗、细两种,细粒者构成基质,粗粒为斑晶,可能为变余斑晶,上述结构反映熔岩特点;另一类是具细粒条带状构造的斜长角闪岩,石英含量较高,反映层状基性凝灰岩特点。前一类具熔岩特点的下绿岩层透辉

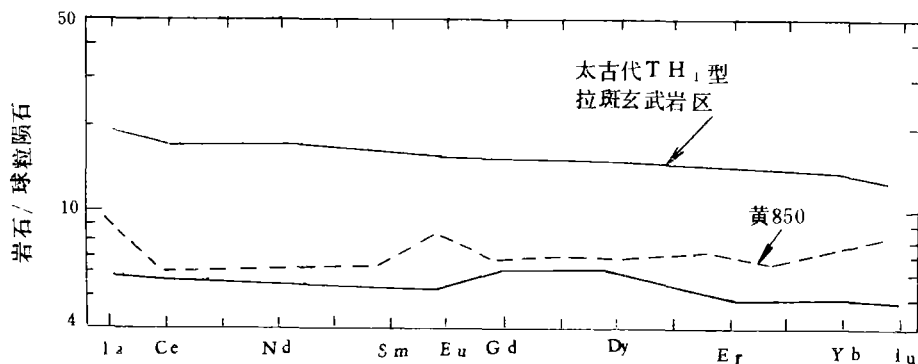


图8 本区正变质岩辉石斜长角闪岩稀土元素分布曲线

斜长角闪岩基性成份较高, $\text{CaO} / \text{Al}_2\text{O}_3$ 比值为 $0.70 \sim 0.77$, 接近地幔岩成份, 稀土配分曲线属太古代 TH_1 型拉斑玄武岩, 轻重稀土分异程度低, 稀土总量也低 (ΣTR 为 35.98 , 图 8); 后一类具基性凝灰岩特点的上绿岩层斜长角闪岩, 基性成份较低, $\text{CaO} / \text{Al}_2\text{O}_3$ 比值为 $0.5 \sim 0.6$, 稀土配分曲线属 TH_2 型, 具有较高的正铈异常 ($\text{En} / \text{En}^* 1.48 \sim 1.50$)

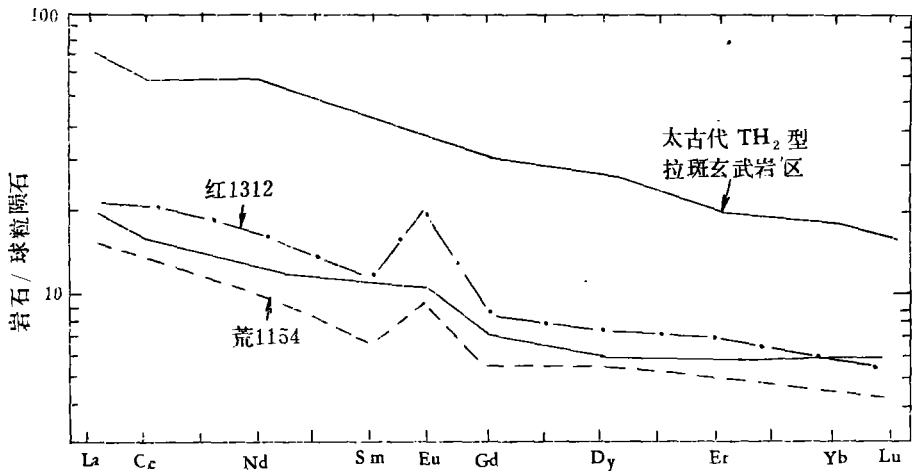


图9 本区上绿岩带正变质斜长角闪岩稀土元素分布曲线

图9), 推测上绿岩层的钙碱性火山岩系是由下绿岩层在地壳深部熔融产生的, 由于重熔作用造成了上绿岩层拉斑玄武岩中稀土组份的分异和铈的富集。

3. 安山质火山岩。该类岩石在本区不太发育, 主要有红透山的部份角闪斜长片麻岩和含石英细粒斜长角闪岩 (样号29, 30), 斗虎沟的黑云绿帘长英片岩 (样号32) 以及井家沟的长英麻粒岩 (样号5), 在AKF图解中落入闪长岩—英安岩区, 靠近基性岩区一侧, 化学成分 SiO_2 $53 \sim 64\%$, MgO $1.78 \sim 4.70\%$, $\text{Na}_2\text{O} / \text{K}_2\text{O}$ 比值大于1, 一般 $1.44 \sim 3.0$, Ni / Co 比值为 $0.65 \sim 2.61$, 是中性火山岩特征。

4. 长英质火山岩。主要为分布在上绿岩层的变粒岩, 片岩和片麻岩, 及部份长英麻粒岩, 在AKF图解中落入或接近英安岩区, 平均岩石化学成份 SiO_2 $67 \sim 76\%$, MgO $0.25 \sim 1.58\%$, K_2O $1.38 \sim 3.08\%$ (长英麻粒岩失钾后 K_2O 为 0.38%), 微量元素具有Cr、Ni、Co、V、Sc含量低, Ba、Sr含量高的特点, Ba / Sr 比值大于1, ($1.48 \sim 7.06$)。

5. 沉积岩。分布比较普遍。在AKF图解中可分四类: 复矿砂岩、硬砂岩、泥质硬砂岩和粘土岩。其中包括红透山含矿围岩的含柘榴硅线石英片岩 (样号40) 和下部的含石墨黑

云斜长片麻岩（样号33、41），张胡子沟下部层位的绿泥长英片岩，含榴黑云角闪变粒岩，二云斜长变粒岩（样号35、36），大荒沟的兰晶石黑云石英片麻岩（样号42），马家店下绿岩层的含柘榴黑云变粒岩（样号14），张胡子沟上部层位的绿泥白云母石英片岩（样号37、38，前者含 MgO 3.63%， CaO 3.04%，应为钙质粘土岩）和大荒沟的含长黑云柘榴片岩上述样号中35、42、41分布在硬砂岩区的外缘，其中42号样稀土配分具沉积岩特征（见下）。在上述副变质岩中，见到变余沉积岩结构构造特征，例如红透山黑云斜长片麻岩中的变余泥质结构（照片2）。大荒沟的兰晶石黑云石英片麻岩（样号42）稀土配分曲线与太古代沉积岩吻合，具正铕异常， Eu/Eu^* 比值为1.17。

关于变质前形成的海底热液蚀变岩及其蚀变岩原岩问题的讨论。在恢复红透山矿化硅线石黑云片岩时发现：①这种岩石在AKF图解中落入泥质硬砂岩区（图5-1）但其稀土配分曲线具有明显的负铕异常特征（ Eu/Eu^* 为0.56，样号红10，图10），这与太古代的沉积岩以具正铕异常为特征是矛盾的；②该样品的稀土配分曲线及其负铕异常正符合太古代FⅡ型长英质火山岩；另外，直闪黑云石英片岩（片麻岩）在AKF图解中（图5-1），落入强风化基性—超基性岩区和蒙脱石粘土区，但其稀土配分曲线也与太古代FⅡ型长英质火山岩相似（图10，样号红1036，张1126），上述两类片岩在宏观上产于黑云斜长片麻岩层中，并与之呈过渡关系，在镜下如前所述，以常见多矿物集合体为特征，颗粒细小，分布杂乱，呈不规则状断续顺层分布，这些特点可能反映了硫化物矿床海底层间热液蚀变作用，推测落

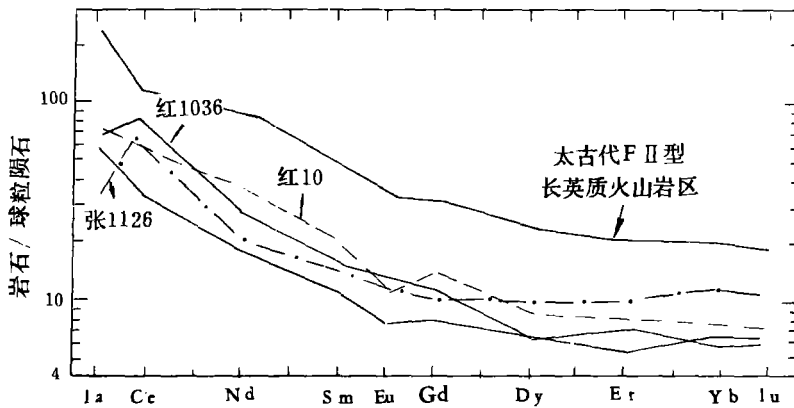


图10 本区正变质片岩，片麻岩稀土元素分布曲线

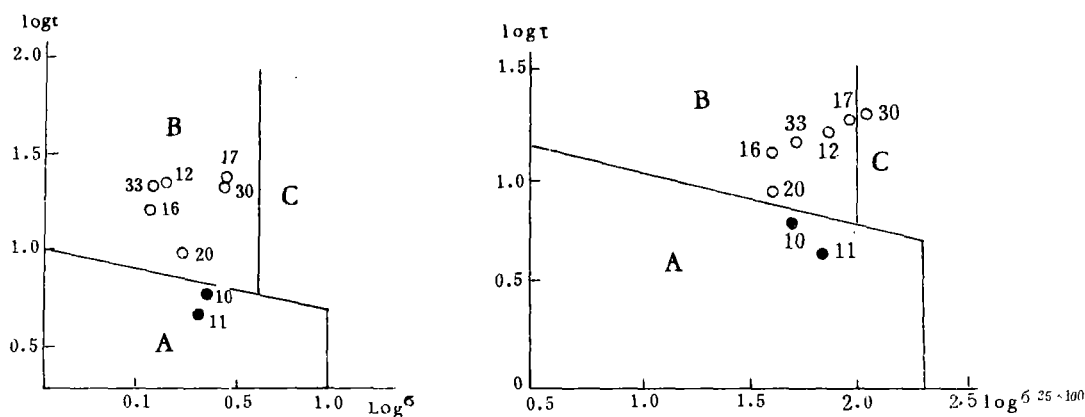
入泥质硬砂岩区的矿化硅线石黑云片岩属富硅铝蚀变岩,而落入强风化基性—超基性岩区和蒙脱石粘土岩区的直闪黑云石英片岩(片麻岩)属富镁铁质蚀变岩,这两类蚀变岩的原岩均为长英质火山岩。

另外还应指出的是,红透山硫化物矿石中普遍发育角砾状矿石,以园形和次棱角状石英和闪石集合体为砾石,以金属硫化物为胶结物(照片3,照片4),沿石英颗粒边缘常见细粒阳起石集合体(有时有黑云母,钙铝榴石和绿帘石,绿泥石等)以及碳酸盐脉。次园粒石英碎屑中包体形态比较完整,发育两相或三相包体,液相包体均一法温度 $160^{\circ}\sim 180^{\circ}\text{C}$,含盐度较高,约 $\text{NaCl } 128\text{ wt } \%$,气相成份 CO_2 10.5 ml/g , CH_4 2.1 ml/g ,反映了弱碱性还原环境和较低温条件,推测该类岩石为沉积成因杂砂岩,包体成份和多种矿物成份反映了海底热液蚀变作用过程,后来又经过等化学位条件下的区域变质作用。

(二) 地质构造演化模式

以上原岩类型在空间分佈上构成三套原岩建造类型,自下而上是:基底麻粒岩—片麻岩层,是以中酸性火山岩为主的火山岩建造,发育部份基性火山岩和基性凝灰岩;辉石角闪岩—片麻岩层,是以基性熔岩(包括科马提岩),长英质火山岩构成的双模式火山岩建造,发育部份硬砂岩;片岩—片麻岩层,是基性火山岩—安山质—长英质火山岩建造,底部发育含炭泥质硬砂岩,顶部出现粘土质杂砂岩,基性火山岩中夹有科马提岩和超基性岩脉。后两类原岩建造构成了本区的绿岩带。该绿岩带的下绿岩层中的基性熔岩,在里特曼岩石化学图解中,落入非造山带火山岩区(图11,图12),有人提出冀东和本区麻粒岩同是太古代早期形成的古陆壳,因此推测,本区下绿岩可层能是在大陆裂谷环境开始形成的。本区绿岩带的构造演化模式如下(图13)。

第一阶段,大陆裂谷时期(I),前期高变质硅铝壳在下部地幔的热点集中区发生裂谷;第二阶段,下绿岩双模式火山岩建造形成时期(II),裂谷继续发展,来自上地幔的镁铁质



A: 非造山带火山岩分布区; B: 造山带火山岩分布区; C: 为A·B区派生碱性—偏碱性岩分布区。

● 下绿岩层玄武岩(原岩) ○ 上绿岩层玄武岩(原岩)

图11、12 本区玄武岩原岩 $\log \tau$ 对 $\log \sigma$ 图解及 $\log \tau$ 对 $\log \sigma^{25 \times 100}$ 图解

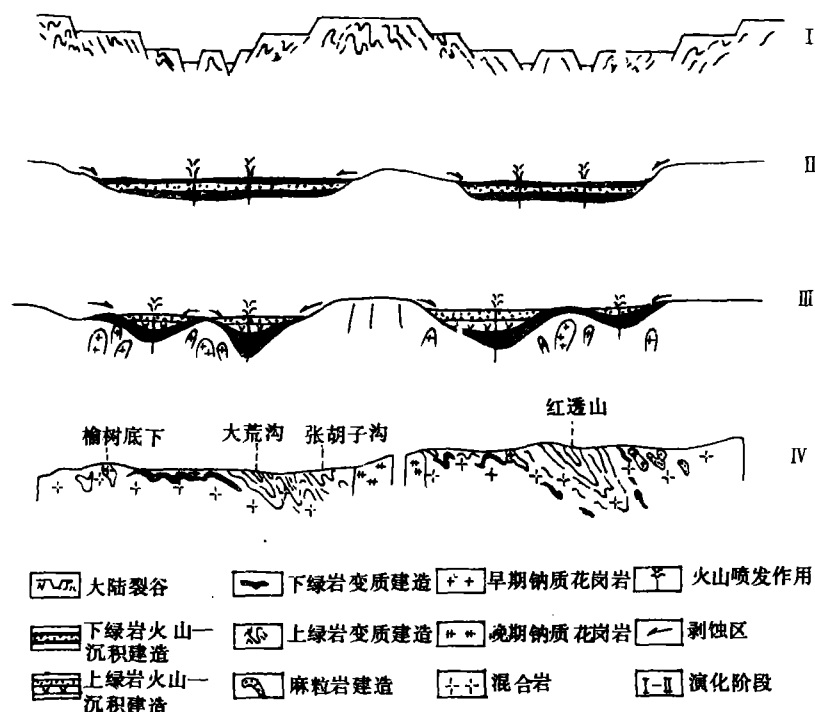


图13 抚顺—清原地区太古代构造演化模式图

岩浆侵入并喷发于水下环境，沉积于裂谷底板，形成 TH_1 和 TH_2 型拉斑玄武岩，可能由于地幔岩浆成份或部份熔融程度不高，没有形成较大规模的超基性火山岩，深部硅铝质陆壳的熔融，提供了长英质火山岩的喷发来源，晚期以镁铁质为主的下绿岩层下沉到地壳深处，经局部熔融形成英云—奥长花岗岩浆，并以底辟方式向上侵位，形成早期钠质花岗岩；第三阶段，上绿岩基性—中性—酸性火山岩建造形成时期（III），下绿岩层继续下沉和熔融，为上绿岩层的形成提供了钙碱质岩浆，并以海底喷发方式形成于钠质花岗岩穹窿之间的凹地，然后上部又接受周围剥蚀区的碎屑沉积，形成了 TH_2 型拉斑玄武岩，安山质和长英质火山岩以及沉积岩。在火山活动的间歇期，在上绿岩层的上部长英质火山岩和杂砂岩层中，经过海底热液蚀变和硫化物的交代作用形成块状硫化物矿床的原始堆积；第四阶段，变形和变质作用阶段（IV），绿岩层遭受区域变质和变形形成复式向斜区，区域上升并遭受早期钾质混合岩化作用。

结 论

本区主要矿产是块状硫化物铜锌和硫铁矿床，赋存在绿岩层上部酸性火山岩和碎屑岩系中，在区域分布上构成南部红透山和北部清原北两个矿带，金矿赋存在基底麻粒岩—片麻

岩层中,分布在绿岩带外侧南、北两个近东西向的片理化带中,绿岩带中的块状硫化物矿床也有伴生金产出。根据本区矿床产出的地质条件,提出以下几点控矿因素:①火山沉积建造中沉积介面因素,块状硫化物矿床赋存在绿岩带上部火山岩和沉积岩介面上,含矿围岩原岩主要由两个部份组成,一是长英质火山岩,一是含砾杂砂岩,经海底热液作用后长石分解或部分分解形成富硅铝质蚀变岩,区域变质后形成含多矿物集合体的矿化硅线黑云片岩和黑云(金云母)斜长片麻岩;②柘榴直闪片岩(片麻岩)控制因素,该类岩石在空间上构成局部膨大的透镜体产于黑云斜长片麻岩层中,其规模与矿床规模成正比,红透山矿床下盘的透镜状柘榴直闪黑云片岩(片麻岩)层厚度大于500米,向两侧迅速尖灭,岩石中Cu、Zn含量高, $Zn > 1000 \text{ PPM}$, $Cu > 900 \text{ PPM}$,其原岩为中酸性火山岩,经海底热液蚀变后形成富铁镁质岩,相当于国外浅变质块状硫化物矿床下盘的蚀变层(筒),因此在厚层直闪片岩层的上部有可能找到矿体;③变质岩层的构造转弯部位控制因素,红透山式矿床受第二期(中期)迭加褶皱控制,这种构造造成地层转弯部位,原生块状硫化物矿体和蚀变岩体,在第二期区域变形时,做为构造变形的边界条件,易于形成地层的走向弯曲,因此矿体和地层转弯是伴生现象,这种伴生构造可以使原生矿体变形就位和发生成矿组份的局部迁移,但是由其它边界条件引起的地层转弯,就不是找矿标志。近年来野外工作证明,不是在所有地层转变部位都能找到矿体;④早期钠质花岗岩体控矿因素,本区上绿岩层含矿岩系产于钠质花岗岩隆起之间的向斜褶皱带中,钠质花岗岩的底辟侵位,控制了含矿上绿岩层的槽形盆地出现。

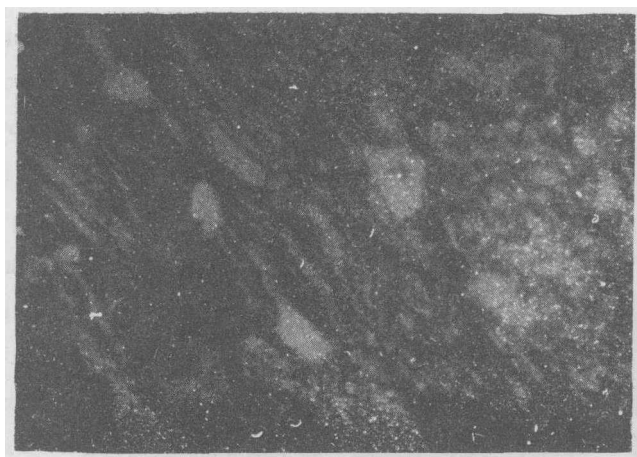
本文作者在野外工作期间得到了辽宁冶金地质公司一〇一队和红透山矿的大力协助,在此表示感谢。

参 考 文 献

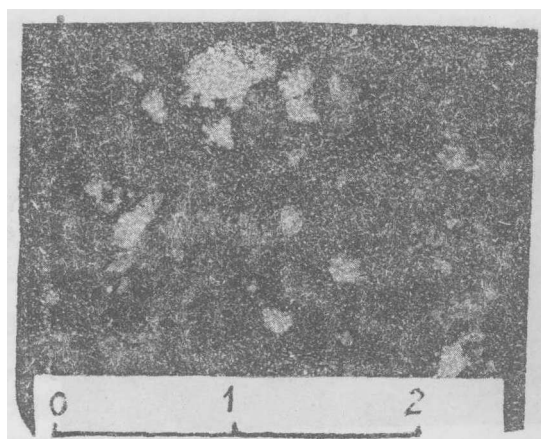
- [1] Condie K. C. 1981, Archean greenstone belts.
- [2] Добрецов, Н. Л. 1975, Петрохимические особенности океанических и раннегеосинклинальных базальтов, Академия наук СССР, Сибирское Отделение, геол. и геоф.



照片1 早期钠质花岗岩（黑云斜长花岗岩）中的下
绿岩层捕虏体（斜长角闪岩和角闪石岩）
何家堡子



照片2 碳酸盐化白云母变粒岩夹白云母石英片岩
条带（暗色部份，变余泥质砂状结构）
张10 11 正交偏光



照片3 角砾状含锌黄铁矿—磁黄铁矿—黄铜矿矿石
为光块照片,白色者为黄铁矿,深灰色充填者为
闪锌矿、磁黄铁矿和黄铜矿、黑色园粒主要
为石英少量闪石集合体。

红 620 - 1



照片4 角砾状含锌黄铁矿—磁黄铁矿—黄铜矿矿石,
呈碎屑结构,脉石呈碎屑状(浅灰色者为石英、
深灰色麻点状者为闪石集合体)被黄铜矿,磁黄
铁矿(白色)胶结。

红 620 - 1

REGIONAL GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MASSIVE SULPHIDE DEPOSITS OF ANSHAN GROUP IN FUSHUNQINGYUAN AREA , LIAONING PROVINCE

Wang shoulun

Gao Yunlong

Sun Fulai

Zhang Dianxuo

Abstract

The described area is located in Northern part of Liaoning province . The metamorphic rocks of the area consist of granulite , plagioclase-gneiss , biotite leptite and various kinds of schists of granulite to amphibolite facies By reconstruction , this metamorphic series is composed of three original formations which include five original rock types: intermediate -acid volcanics formation at the bottom, basic-felsic bimodal volcanics formation in the middle and basic-andesitic-felsic volcanics formation at the top made up of basic-ultrabasic rocks (komatiite), basic volcanics (tholeiite), andesitic volcanics, felsic volcanics and sedimentary rocks respectively

The massive sulphide deposits occur in the top formation and gold deposits in the bottom formation , The evolutionary pattern for the Archean terrain of this area is put forward in the paper

The ore-controlling factors are the presence of

- (1) the interface between the volcanics and sedimentary rocks in the upper formation
- (2) garnet-anthophyllite gneiss formed from altered volcanics being the key bed of the bottom wall of the orebody;
- (3) bending portions of metamorphic rocks formed by interference folding;
- (4) diapir emplacement of early tonalites