

辽东地区前寒武纪地体金矿化特征

张鹏程, 刘如琦, 郭万超
(天津地质研究院, 天津 300061)

摘要: 辽东地区金矿床主要分布在丹东、青城子、营口—盖县、清原等4个金矿化集中区(带)。S、Pb同位素特征显示金矿的成矿物质主要来源于下地壳和上地幔。成矿流体中的CO₂与金矿成矿关系密切,在成矿过程中流体的盐度较低,且由弱酸性向弱碱性变化,金矿多为中低温矿床。韧性剪切带对金矿化的空间分布显示出多级有序的控制作用,同时对金矿的矿床类型和矿化类型也表现出显著的控制作用,构造应变场和地球化学场的改变,促使成矿元素迁移富集而形成金矿。研究认为,在元古宇分布区,在深部寻找脆韧性变形带中的金矿仍然具有较大远景,同时要注意寻找与BIF建造有关的金矿新类型。

关键词: 辽东地区金矿床;地球化学特征;韧性剪切带;构造控矿;剪切动力成矿作用;辽宁省

中图分类号: P612;P618.51 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2003)01-0021-08

1 区域地质特征

辽东地区位于华北地台东北部,前寒武纪岩群广泛分布(图1)。其中,古老的太古宙花岗岩-绿岩带主要分布于北部的清原、鞍山、本溪及南部的庄河—大连一带,而元古宙岩群主要分布于营口—岫岩及宽甸以东地区,这两套变质地体在岩性成分、变质程度和构造样式上都有较大的差异。

太古宙地体在辽东北部包括铁架山群和鞍山群,在南部则主要发育鞍山群绿岩带及少量花岗岩体。

铁架山群主要为强烈混合岩化的长英质片麻岩和黑云斜长片麻岩,组成矿物主要有石英、斜长石和黑云母。变质程度达到角闪岩相。

鞍山群覆盖于铁架山群之上。鞍山群自下而上依次为斜长角闪岩组合、斜长片麻岩组合和变粒岩组合。根据原岩恢复,鞍山群的下部为基性-超基性火山岩,中部属于钙碱性火山岩,上部为碎屑沉积及少量火山岩。原岩是一套变质程度较深的绿岩岩石序列。

元古宙地体主要为一套变沉积岩组合,包括原鞍山群的樱桃园组硅铁建造(刘如琦,1987)、辽河群

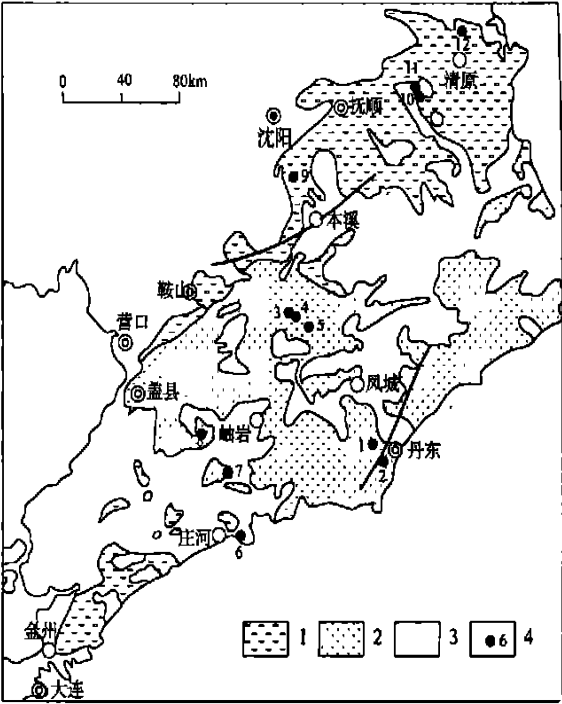


图1 辽东半岛前寒武纪地体分布图
Fig. 1 Precambrian terrane distribution in Liaodong peninsula
1. 太古宙地体 2. 元古宙地体 3. 盖层 4. 金矿床及编号

和榆树砬子群。早元古变质岩分布于营口—宽甸—

带,由辽河群及零星出露的榆树砬子群组成,原岩建造为以沉积岩为主的火山沉积建造。早元古代末期的辽河运动产生了区域动力热流变质作用,在这一地区存在一个递进变质带,其展布以博洛铺—红石砬子一线为中心,向南北两侧变质程度从低角闪岩相、高绿片岩相至低绿片岩相有递减的趋势。

2 辽东地区金矿化分布特征

辽东地区既有古老的地台基底,又经历了中生代构造-岩浆活动的强烈活化,金矿化分布广泛,矿化类型多样,是我国的金成矿集中区之一。辽东地区自东向西大致可分为 4 个金矿化集中区(带)。

(1) 丹东金矿化集中带: 分布于鸭绿江下游一带,呈 NE 向展布,向北东有可能延至吉林省集安一带。大型金矿有五龙金矿、四道沟金矿,小型金矿为振安金矿,另有油盘沟、接梨树等几十个金矿点。五龙金矿产于元古宙花岗片麻岩中,四道沟金矿产于元古宙变沉积岩中。

(2) 青城子金矿化集中区: 位于凤城市青城子镇一带,中型金矿有白云金矿、杨树金矿,还有桃园、林家、罗圈背等小型金矿。容矿围岩为辽河群盖县组和大石桥组,远景储量十分可观。

(3) 营口盖县金矿化集中区: 区内已知工业矿床达数十处,以猫岭金矿、龙泉金矿为代表。容矿围岩为辽河群盖县组的千枚岩和片岩建造。

(4) 清原金矿化集中区: 分布于清原浑河断裂两侧,有中型金矿床 3 处,矿化点 20 多处,分布特点是以小型金矿居多。区内出露地层为鞍山群,并有大量中生代花岗岩,主要矿床有下大堡子、线金厂、王家大沟等矿床。下大堡子金矿产于元古宙花岗岩中,线金厂金矿产于太古宙黑云母角闪紫苏花岗岩中。

3 辽东金矿床地球化学特征

3.1 稳定同位素特征

3.1.1 硫同位素特征

辽东地区几个主要金矿床的硫同位素组成见图 2。除白云金矿分布离散度较大外,五龙、四道沟、限子及猫岭金矿分布范围均比较狭窄。五龙金矿的 $\delta(^{34}\text{S}) = +0.9 \times 10^{-3} + 3.5 \times 10^{-3}$, 均值为 2×10^{-3} ,

标准离差为 0.7×10^{-3} , 具有深源硫成因的特点; 四道沟金矿 $\delta(^{34}\text{S}) = +9.2 \times 10^{-3} + 12.6 \times 10^{-3}$, 样品均值为 11.2×10^{-3} , 标准离差为 0.7×10^{-3} , 分布范围较窄,与容矿围岩辽河群变质岩的硫同位素组成存在一定的差别。白云金矿 $\delta(^{34}\text{S}) = -8.5 \times 10^{-3} \sim +5.3 \times 10^{-3}$, 均值为 -1.9×10^{-3} , 标准离差为 4.5×10^{-3} , 分布比较离散(陈锦荣等, 1995)。下大堡子 $\delta(^{34}\text{S}) = -2 \times 10^{-3} + 1.2 \times 10^{-3}$, 均值 $+0.16 \times 10^{-3}$, 标准偏差 1.04×10^{-3} (李庆章等, 1989)。

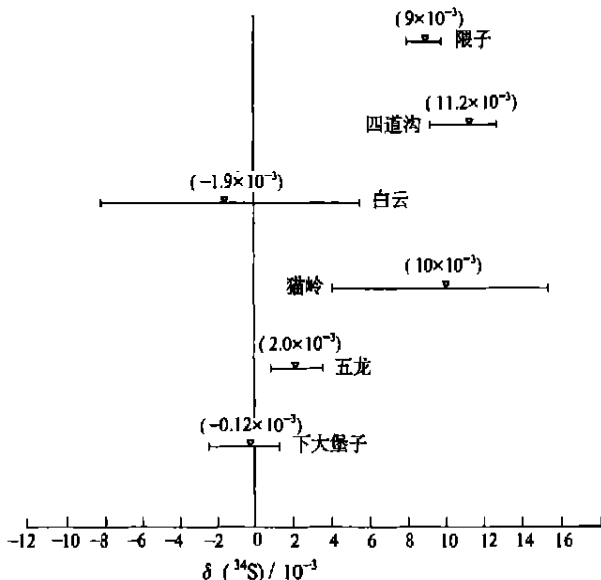


图 2 辽东半岛金矿床硫同位素组成图解

Fig. 2 S isotope composition of Au deposits in Liaodong peninsula

五龙、四道沟、白云和限子金矿数据来自陈锦荣(1995)

猫岭、下大堡子金矿数据来自杨占兴(1997)

3.1.2 铅同位素特征

辽东地区前寒武纪地体主要铅同位素组成变化范围很大,在 Zartman R E 铅构造学图解(据王义文, 1992 简化)上,猫岭金矿矿石铅投影点主要沿上地壳和造山带演化线分布,而下大堡子、线金厂和五龙金矿矿石铅的投影点沿 1500 Ma, 900 Ma 和 800 Ma 形成 3 个独特的等铅域。下大堡子金矿的投影点集中在造山带线和下地壳线之间,线金厂金矿则集中在造山带线和上地壳线之间,五龙金矿的投影点散布范围最大,下面接近下地壳线,上面远超出上地壳线。

矿石铅的上述特征表明,本区金矿床成矿物质主要来自下地壳和上地幔,其次为上地壳,这与本区金矿床主要受前寒武纪地体控制的地质事实一致。

同时, 具有造山带铅同位素特征, 说明金矿床是在构造活动中, 在前寒武纪地体背景下形成的岩浆期后热液矿床, 这与本区金矿化主要发生于中生代碰撞造山活动期相吻合。

3.2 流体的物理化学特征

流体是联系构造运动和成矿作用的介质, 研究流体的地球化学特征对于了解成矿流体的性质及矿质来源有十分重要的意义。流体的地球化学特征可以反映流体活动及矿质沉淀的物理化学环境。

流体在矿床中的记录方式有: 流体与围岩反应形成的蚀变矿物组合, 蚀变矿物及矿脉中的流体包裹体。

3.2.1 流体的主要成分

对辽东金矿床流体包裹体及蚀变矿物组合的研究表明(表 1, 表 2), 其主要成分为 SiO₂, H₂O, CO₂, K⁺, Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻, 此外还有 CH₄, CO 等。

五龙金矿以贫 Ca²⁺ 为特征, 同时 Na⁺, K⁺ 离子

含量也较低, 四道沟金矿主体贫 Ca²⁺, 岫岩金矿具有明显富 Ca²⁺ 的特征, 猫岭金矿富 Ca²⁺ 贫 Na⁺, 限子金矿区包裹体总的特征为富 Ca²⁺, Na⁺, Cl⁻, 贫 K⁺, Mg²⁺, 白云金矿则富 Na⁺, K⁺, 贫 Ca²⁺, Mg²⁺。

从表中可以看出, 四道沟、限子、白云金矿的 CO₂ 含量较高, 猫岭金矿的 CO₂ 含量最低。从五龙金矿的 CO₂-CO-CH₄ 和 CO₂-N₂-CO 浓度三角相图可以看出(李力等, 1993), 其含较高的 CO₂ (相对于 CO, CH₄ 和 N₂), 同时发现 CO₂ 的质量分数与金的品位之间有一定的联系, 流体包裹体中 CO₂ 质量分数以二坑最高, 四坑次之, 三坑最低, 而五龙金矿 3 个坑口金矿石的平均品位分别为三坑 $w(\text{Au}) = 6.63 \times 10^{-6}$, 四坑 $w(\text{Au}) = 7.28 \times 10^{-6}$, 二坑 $w(\text{Au}) = 8.0 \times 10^{-6}$, 限子金矿中含石英英脉的 CO₂ 的质量分数比不含石英英脉中明显高出许多。由此看出, CO₂ 与成矿作用关系密切。

表 1 辽东地区金矿床流体包裹体离子质量分数(%)

Table 1 Ionic concentration of inclusion in gold deposits

离子成分	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺	Cl ⁻	F ⁻	SO ₄ ²⁻
五龙金矿	0.801.60	0.231.30	00.2	00.11	1.406.40	0.652.80	0.672.70
岫岩金矿	0.020.10	0.331.08	0.182.54	0.010.17	0.810.90	0.030.06	
四道沟金矿	0.572.90	0.601.80	0.020.3	0.020.2	1.103.00		0.398.90
猫岭金矿	1.201.50	2.504.90	0.952.50	0.351.00	11.0015.00	0.4095.00	0.402.20
白云金矿	0.060.17	0.390.67	0.040.06	00.02	0.020.30		0.10.26
下大堡金矿	1.61	7.59			17.29	0.47	1.56
限子金矿	0.663.30	16.1224.90	7.3334.48	0.051.18	29.6631.89	0.460.71	1.864.52

表 2 辽东地区金矿床流体包裹体气相成分($w_B/10^{-6}$)

Table 2 Chemical composition of gas phase in the fluid inclusions of Au deposits in Liaodong peninsula

气相成分	H ₂	N ₂	CH ₄	CO	CO ₂	H ₂ O
五龙金矿	0.0590.509	1.8712.50	0.89313.71	2.2503.375	5.5024.691	54.857201.495
四道沟金矿	0.1980.549	4.0013.00	2.3045.04	5.5011.83	30.05219.52	500.001640.00
猫岭金矿	0.150.166	4.745.36	1.661.80	3.765.72	7.2211.54	104.00168.00
白云金矿	1.35.26	2.834.12	9.9018.90	22.8061.09	39.70104.51	647.001037.64
限子金矿	0.600.73	9.2123.06	12.7625.84		158.05256.26	620.909713.87

3.2.2 流体的物理化学特征

流体的物理化学特征包括温度、压力、盐度、pH 值等。

大多数金矿床的成矿流体具有低盐度的特点, $w(\text{NaCl})$ 一般 < 10%, 五龙金矿的成矿流体盐度 w

(NaCl) = 3.38% (均值), 而该区不含矿的古期石英脉盐度最高为 11.26% (李兆龙, 1987)。四道沟金矿 $w(\text{NaCl}) = 5.5\%$, 白云金矿 $w(\text{NaCl}) = 1.28\%$, 限子金矿 $w(\text{NaCl}) = 5.48\%$ 8%, 猫岭金矿成矿流体 $w(\text{NaCl}) = 5.9\%$ 9.55%, 富矿部位略有增高, 并从

早期至晚期有下降的趋势(金成洙, 1991)。成矿溶液的 pH 值在 6.056.84 之间, 属中性至弱酸性。李兆龙(1987)通过对五龙金矿成矿流体研究表明, 成矿流体随着由黄铁石英阶段 $\rightarrow$ 多金属硫化物阶段 $\rightarrow$ 自然金辉铋矿阶段 $\rightarrow$ 碳酸盐阶段的演化, 溶液由

弱酸性向弱碱性变化。

辽东地区金矿床成矿温度多在 250~350 $^{\circ}\text{C}$ (图 3), 限子、下大堡子、猫岭为中高温矿床, 四道沟金矿成矿温度较低, 为中低温矿床。

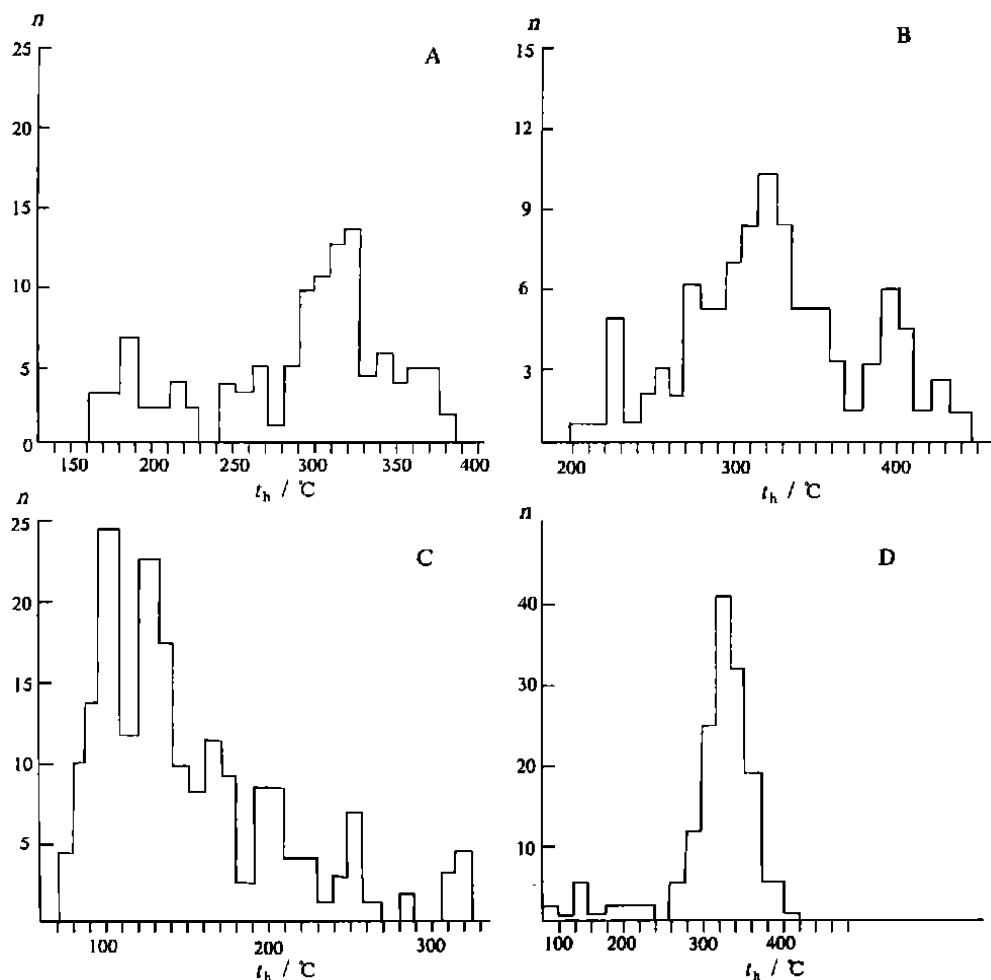


图 3 辽东地区金矿主成矿阶段均一温度直方图

Fig. 3 Histogram of homogeneous temperature for the main ore-forming stages of Au deposits in Liaodong peninsula

A. 五龙金矿 B. 四道沟金矿 C. 猫岭金矿 D. 限子金矿

数据来源: 五龙金矿据李兆龙(1987); 四道沟金矿据吴兴华(1990); 猫岭金矿据魏俊浩(1998); 限子金矿据申少华(1994)

4 辽东地区构造对金矿的控制作用

辽东地区主要有 NE 向、NNE 向、NW 向和近 EW 向几组主干断裂(图 4)。

NE 向和 NNE 向断裂带自西向东主要有营口—清原断裂带、金州—熊岳断裂带、庄河—凤城—桓仁断裂带和丹东断裂带。

(1) 营口—清原断裂带。相当于郯庐断裂带之

北延部分(任纪舜, 1980), 这一断裂带自太古代已具雏形, 后又经历了多旋回构造活动, 可能属穿壳断裂。

(2) 金州—熊岳断裂带。追索长度 150 km, 走向 NNE, 倾向 NW, 倾角 40°80°。金州—普兰店段, 西盘为上元古界和古生界, 东盘为鞍山群。

(3) 庄河—凤城—桓仁断裂带。为岩石圈断裂, 全长 170 km, 地表连续性差, 受 NNE 向走滑断层的切错, 踪迹零乱, 凤城—宽甸一带在卫星照片中有线性影象反映。

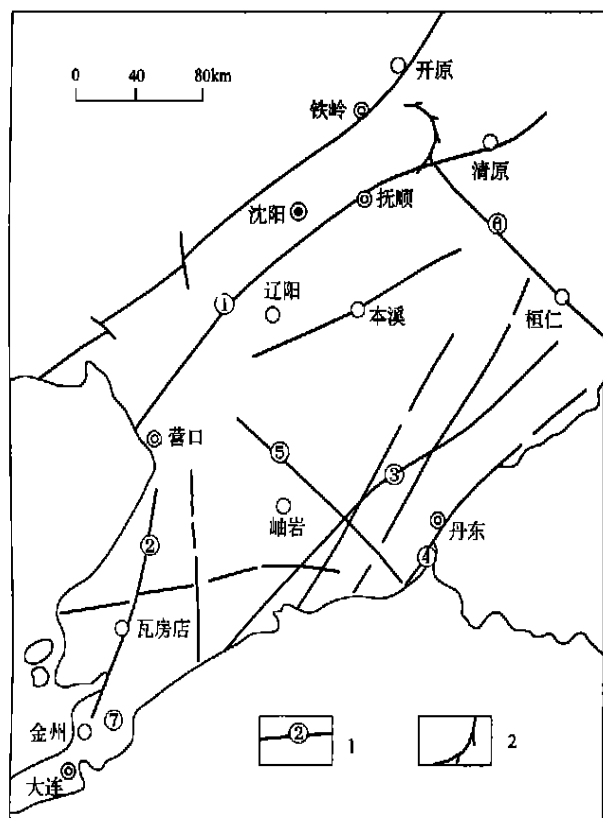


图4 辽东地区主要断裂分布图

Fig. 4 Map showing the distribution of major faults in Liaodong

1. 断裂带及编号 2. 弧形断裂

(4) 丹东断裂带。岩石圈断裂。顺鸭绿江呈 40° 方向延伸, 可追索长度大于 80 km, 出露宽度达 14 km, 向北东可能已延伸到吉林省内。

NW 向断裂带。规模较大的主要有海城—岫岩断裂带和新宾—雅河断裂带, 地表连续性都较差。

近 EW 向断裂带。主要为金州断裂带。作为太古宙与元古宙两大地体的分界, 走向 NEE, 倾向 SSE, 长 30 km 以上, 宽 7 km, 为一大型缓倾斜斜向走滑断裂带。

辽东半岛规模较大的韧性剪切带主要有 NE 向的丹东韧性剪切带和 NEE 向的金州韧性剪切带等。

本区剪切带中的矿物组合主要为长石、石英、绢云母、绿泥石和碳酸盐等, 表明了韧性变形大致形成于绿片岩相条件下, 石英已明显变形, 而长石略微有塑变现象, 初步推断, 其温度区间大致为 $300\sim 400^\circ\text{C}$ 。据 Ord 和 Hobbs, 长英质地壳中, 按地热变化为 $30^\circ\text{C}/\text{km}^{-1}$, 则脆韧性过渡带原始深度应位于 10 km 深处。

流变学认为, 引起岩石变形的压力因素是差异

应力-压力梯度, 与岩石所处的围压大小无直接关系, 因此, 差异应力的大小是决定岩石变形的主要因素。70 年代以来, 地质学家如 Twiss (1977), Mercier (1977) 等借助冶金物理学研究理论, 即在金属塑性流动过程中, 当达到稳态流变阶段时, 变形金属晶体中形成的显微构造特征, 如位错密度、亚颗粒大小以及动态重结晶颗粒粒度与外施差异应力之间存在一种简单的函数关系。通过岩石及矿物的实验变形研究, 获得了几种差异应力的计算经验公式, 这为定量研究构造变形过程中的古应力值提供了一些新的手段。

根据采自剪切带中不同构造部位的标本薄片的显微观察统计, 采用石英动态重结晶及亚颗粒粒度来计算本区岩石变形的差异应力值。据公式 $\sigma = kD^{-\mu}$, k, μ 为常数, D 为重结晶矿物粒度, 计算结果差异应力值变化范围为 61.1~100.2 MPa (王宇明, 1990)。

4.1 韧性剪切带对金矿的多级控制

世界上大量的金矿床, 特别是前寒武地体中的大型-超大型金矿床, 都与线性断裂有关, 线性断裂带是金矿的关键性控制因素。

地壳级韧性剪切带往往延伸到下地壳乃至上地幔。一方面, 强烈变形的剪切带内的岩石较之围岩有较大的渗透率, 能起到导流作用, 引导深部不同层次的流体向上部迁移, 使途经不同岩性的热液流体将不同层次的成矿元素聚集起来, 为最终的成矿奠定了物质基础; 另一方面, 地壳级韧性剪切带大多经历了漫长的地质演化历史, 长期而又强烈的剪切活动可诱导不同深度和不同层次的岩石重熔, 发生中酸性岩浆活动, 从而提供大量的 SiO_2 , K^+ , Na^+ , H_2O , CO_2 和 CH_4 等组分, 它们与剪切变形带的流体相混合, 一起浸取围岩的成矿物质, 向上聚集成矿。

在辽东前寒武纪地体中, 金矿化的空间分布大至成矿集中区, 小至矿体、矿脉、矿石的结构构造, 都受到韧性剪切带的控制, 并显示出多级有序的特点。

辽东地区中的区域性韧性剪切带, 如丹东韧性剪切带控制了丹东成矿集中带的展布, 五龙金矿、四道沟金矿等都位于其中; 而浑河剪切带则控制了清原成矿集中带的展布, 下大堡子金矿、王家大沟金矿和线金厂金矿等受其限制。其他成矿集中带也与区域性的韧性剪切活动有关。

金矿田或矿床则是由次一级的韧性剪切带所控制, 剪切带的产状控制了金矿体和矿化带的走向和延伸。四道沟金矿体的分布和产状受控于丹东韧

性剪切带南部的 NE 向脆韧性剪切带,五龙金矿则受丹东韧性剪切带北部的 NNE 和 NW 向剪切带的控制。

韧性剪切带的三级构造则对金矿体或工业矿体的空间定位有明显的控制关系。矿化的不均匀性是金矿床的显著特征之一,查明金矿体的构造控制规律是圈定工业矿体和矿山开采的重要依据。

4.2 韧性剪切带对金矿床类型的控制

辽东地区金矿的矿床类型一般划分为蚀变岩型和石英脉型,此外,还可以见到二者的过渡类型。其形成原因,主要是因为剪切带的变形环境的不同所致。五龙金矿发育于花岗质岩石中,成矿主要与剪切带的晚期脆韧性-脆性变形阶段有关,断裂有较大的开启空间,在成矿早期细粒闪长岩脉、花岗斑岩脉、石英脉沿脆韧性变形带充填,在成矿期矿液又充填于石英脉的边部或同脆韧性变形的剪裂隙中,形成“石英脉型”金矿;当成矿与韧性剪切带的韧性-脆性变形阶段有关时,如变沉积岩区四道沟金矿,岩石变形强烈,其有效孔隙度大大增加,从而使成矿方式以渗滤交代为主,形成“蚀变岩型”金矿。

4.3 韧性剪切带对金矿化类型的控制

对辽东金矿化类型与构造关系的研究表明,金矿化类型主要受构造作用的控制。不同的变形强度和不同的变形性质所产生的构造空间不同,其矿化类型就不同。在强变形区产生透入性面理(S_m),矿化沿糜棱面理或片理化带发育,以脉状为主;在弱变形区,变形前的结构构造残留较多,在片理化发育的岩石中多为脉状,在块状、粒状岩石中主要为星散状、浸染状矿化。四道沟金矿矿化类型主为星散浸染状、细脉浸染状和致密块状矿化 3 种类型,其中,星散浸染状矿化多见于含矿带富矿段周围由弱变形变砂岩形成的透镜体内,细脉浸染状矿化主要产于糜棱岩化变砂岩和硅化绢云石英糜棱岩中,致密块状矿化产于鳞片状构造带内。五龙金矿主要发育细脉状矿化,主要沿石英脉和花岗糜棱岩中的脆韧性剪裂隙发育,而在矿脉附近的花岗糜棱岩中见有星散状矿化。

5 辽东地区剪切动力成矿作用

剪切带既是含金流体的运移通道,也是金矿床的储集空间。在剪切带形成过程中构造应变场和地球化学场的改变,促使成矿元素迁移、富集成金

矿。

剪切动力成矿作用是各类剪切带的形成、演化具有成因联系的构造热动力成矿过程,与深部地质作用密切相关,控制着金的成矿集中带的展布。

辽东剪切动力成矿有如下特征:(1)具有以深源为主的多源含矿流体体系,对本区金矿的稳定同位素研究表明,本区金矿成矿物质主要来自下地壳和上地幔,其次为上地壳;(2)矿化强度和矿化类型与变形强度密切相关;(3)单个矿体呈脉状、透镜状,组合形态为雁列状、串珠状;(4)矿田构造的形成和发展具有多期性,多阶段成矿作用和多期改造构成了金矿床复杂的构造格局。

韧性剪切带控制着金矿床的多期变形成矿。剪切带型金矿床一般经历了长期的构造演化和多阶段动力成矿作用,从深层到浅层,从韧性到脆韧性的转化过程也就是富集成矿的过程。

6 辽东地区金矿成矿远景分析

6.1 含矿深度范围的探讨

辽东地区金矿床的赋存深度范围关系到对本区金矿的资源预测和找矿方向的确认。Sibson 曾提出岩石圈变形机制的双层模式,上构造层次为脆性域,岩石变形机制为顺断层面的摩擦滑移(Frictional sliding);下构造层次为塑性域,变形表现为总体的塑性流动。上、下两域间作为脆韧性过渡带,具有混合式变形机制。Groves(1993)提出一个理想的金矿化剖面图(图 5),金矿化主要集中在绿片岩相至低角闪岩相。

图中推测出 25 km 的地壳深度范围内连续的热液系统和可能的流体,及同位素来源。这个连续剖面是研究不同地区金矿所表示的垂直剖面,并不是每个地区垂直方向上都有相同的矿床系列。

如前所述,根据对辽东中部和南部地区的观测,中、上元古宙岩石中尚未见到典型的韧性剪切带和糜棱岩,但有大量的脆性断裂,主要表现为摩擦滑移机制,基本上属于地壳中的脆性域,典型的糜棱岩和不同规模的韧性剪切带主要发育于下元古宇及部分太古宇中,如区域规模的丹东韧性剪切带和大连金州韧性剪切带。由此可见,辽东地区以发育韧性剪切带为特征的脆韧性过渡带位于下元古宇下部和部分太古宇岩石中,该区南部大片分布的太古宇,应属于塑性域。辽东地区的金矿床主要限定于太古宇与

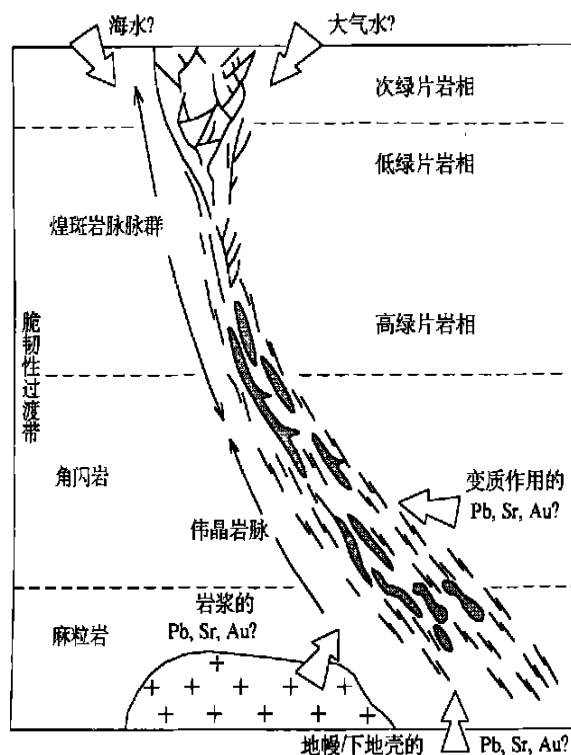


图5 金矿化地壳剖面示意图

Fig. 5 Crustal profile sketch of Au mineralization

元古宙的脆韧性过渡带中,其次为上部的脆性域,脆韧性过渡带的上限(中上元古宇)与下限(下元古宇到太古宇顶部)圈定了辽东地区金矿化的平面与深度范围。

对糜棱岩构造观测和实验研究表明,脆韧性过渡带具有半脆性变形的特点,辽东地区的韧性剪切带的矿物组合为绿片岩相,石英已明显变形,而长石略有塑变现象。在长英质地壳中,此带的温度范围为300~450℃,据Ord和Hobbs,长英质地壳中,按地热梯度变化为30℃/km⁻¹,则脆韧性过渡带的原始深度应位于10 km深处(如果地热梯度高,过渡带要浅一些)。如果该区元古宙岩石厚度总体按6 000 m计,则可以根据金矿已揭露的赋矿深度来评估金矿可开采的深度范围(刘如琦,1997)。目前绝大多数金矿(包括很多危机矿山)的开采都远没有超出脆韧性过渡带的范围,开采深度基本上只是在第一梯段范围内,根据剪切带控矿的梯段性特点,应在对矿山的总体构造变形规律详细研究基础上,确定对深部进行找矿勘探的地质依据,寻找下一梯段的矿体,为矿山增加矿量储备。

6.2 研究新的矿化类型

此前对辽东地区金矿的研究,普遍认为太古宙

BIF建造没有金。鞍本一带的棉花堡子BIF中金矿化的发现,为辽东地区金矿的找矿提供了新的前景,这类金矿化主要发育于BIF中的强烈变形部位,特别是倒转的同斜褶皱和剪切带中,其类型与西澳Yilgarn craton太古宙BIF中的金矿化相似,应特别注意鞍本地区BIF中强烈褶皱和剪切带发育的构造部位,这是金矿化有利的部位。

参考文献:

- [1] 刘如琦. 辽宁鞍山地区早前寒武纪岩群的多期变形及地壳演化[A]. 国际大陆岩石圈演化与动力学讨论会论文集(II)[C]. 1990.
- [2] 刘如琦, 王宇明. 丹东韧性剪切带的变形特征及其与金矿化的关系[M]. 南京: 南京大学出版社, 1992.
- [3] 刘如琦, 张宝华, 屈奋雄. 辽东半岛南部大型缓倾斜斜向走滑剪切带与脆韧性过渡带[A]. 见: 天津地质研究院矿产地质研究论文集[C]. 天津: 天津科学技术出版社, 1996.
- [4] 刘如琦, 张宝华, 屈奋雄, 等. 辽宁省丹东四道沟金矿的构造变形控制规律及找矿预测(科研报告)[R]. 天津: 天津地质研究院, 1989.
- [5] 刘如琦, 张宝华, 屈奋雄, 等. 辽宁省东南部前寒武岩群金矿的构造控制规律及找矿方向(科研报告)[R]. 天津: 天津地质研究院, 1991.
- [6] 刘如琦, 张宝华, 张鹏程, 等. 辽宁五龙金矿区控矿构造研究及找矿预测(科研报告)[R]. 天津: 天津地质研究院, 1997.
- [7] 王宇明. 丹东韧性剪切带地质特征及控矿规律(硕士论文)[D]. 天津: 天津地质研究院, 1990.
- [8] 陈锦荣, 王玉华. 辽东半岛金矿床稳定同位素特征[J]. 黄金地质, 1996, (1).
- [9] 王义文. 辽宁省金矿床铅同位素组成特征及地质意义[J]. 辽宁地质, 1992, (3).
- [10] 李兆龙. 辽宁五龙金矿地质特征及矿床成因[J]. 地质找矿论丛, 1987, 2(3).
- [11] 李力, 郑超. 五龙金矿化类型及流体包裹体的研究[J]. 辽宁地质学报, 1993, (1).
- [12] 魏俊浩. 辽南地区金矿床流体包裹体特征及找矿意义[J]. 地质找矿论丛, 1998, 13(1).
- [13] 吴兴华, 关广岳. 四道沟金矿床地质地球化学研究[J]. 地质与勘探, 1990, (10).
- [14] 申少华, 裴喜. 辽南限子金矿床地质特征及其成因探讨[J]. 辽宁地质, 1994, (4).
- [15] 李庆章. 清原南口前一带金矿床稳定同位素研究[J]. 辽宁地质, 1989, (3).
- [16] 杨占兴. 辽宁省金矿成矿作用研究[J]. 辽宁地质, 1997, (1).
- [17] 彭齐鸣. 前寒武纪成矿作用研究中的一些进展[J]. 地学前缘, 1994, (3).
- [18] 秦松贤. 辽南庄河—凤城断裂构造变形及其成矿作用[J]. 辽宁地质, 1997, (1).

- [19] 王义文. 金矿床定年方法进展及研究现状[J]. 地质与勘探, 1997, (2).
- [20] 张贻侠, 刘连登. 中国前寒武纪矿床和构造[M]. 北京: 地震出版社, 1994.
- [21] 辽宁省地质矿产局. 辽宁省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [22] 胡受奚. 地体构造对研究地台和地盾区域成矿规律的重要性[J]. 地学前缘, 1994, (4).
- [34] 刘玉琳. 国外韧性剪切带型金矿研究现状[J]. 黄金地质, 1996, (3).
- [35] Huanzhang Lu, Guoxiang Chi. Geochemical characteristics of ore forming fluids in shear zone-hosted Archean gold deposits[J]. 地学前缘, 1996, (3).
- [36] Eisenlohr B N, Groves D, Partington G A. Crustal-scale shear zones and their significance to Archean gold mineralization in Western Australia[J]. Mineralium deposita, 1989, (1).
- [37] Liu Ru-qi. strain variation during development of crenulation cleavage in the Proterozoic rocks, central Liaoning province, China [J]. Scien. Geol. Sinica, 1992, (1).
- [38] Groves D I, Barley M E, Shepherd J M. Geology and mineralisation of Western Australia[A]. In: Geophysical signatures of western Australian mineral deposits[C]. 1994.
- [39] Dentith M C, Frankcombe K F, Trench A. Geophysical signatures of Australian mineral deposits: an overview [A]. In: Geophysical signatures of Western Australian mineral deposits [C]. 1994.
- [40] Liu D Y. Remnants of ≥ 3800 Ma crust in the Chinese part of the Sino-Korean craton[J]. Geolgy, 1992, (4).
- [41] Twiss R J. Theory and applicability of recrystallized grain size paleopiezometer[J]. Pure Appl. Geophys., 1977, 115.
- [42] Mercier J C, Anderson D A, Carter N L. Stress in the lithosphere, Influence from steady state flow of rocks[J]. Pure appl. Geophys, 1977, 16(11).

CHARACTERISTICS OF Au MINERALIZATION IN PRECAMBRIAN TERRANES OF LIAODONG REGION

ZHANG Peng-cheng, LIU Ru-qi, GUO Wan-chao

(Tianjin Geological academy, Tianjin 300061, China)

Abstract: Gold deposits in Liaodong region are mainly concentrated in Dandong, Qingchengzi, Yingkou-Gaixian and Qingyuan areas. S, Pb isotope analysis reveals ore materials from lower crust and upper mantle. Au ore formation is closely related to CO_2 in the ore fluid which is in low salinity and changed from weak acidity to weak alkalinity. The Au deposits belong to mesothermal type. Shear zone orderly controls Au mineralization in multiple stages and obviously controls types of Au mineralization and deposit. Change of the strain field and geochemistry with shearing dynamics makes ore elements concentration to ore. Results of study in the paper imply big potentiality for Au ore exploration in ductile-brittle shear zones to depth and attention should be paid to Au deposits related to banded iron formation (BIF) in Liaodong region.

Key words: Au deposits in Liaodong region; geochemical characteristics; ductile shear zone; structural control on ore deposit; shearing dynamic metallogeny; Liaoning province