

文章编号: 1004—5589 (2007) 03—0275—07

延边海沟金矿控矿构造类型及成矿动力学机制探讨

冯明¹, 吕建生²

1. 吉林大学 应用技术学院, 长春 130022; 2. 吉林大学 古生物学与地层学研究中心, 长春 130026

摘要: 海沟金矿为大型贫硫化物的石英脉型金矿床受 NE—NNE 向构造控制。该金矿有 3 种类型控矿构造: NNE 向脆—韧性剪切带构造控矿, 主要控制 43 号矿脉, 矿脉发育在中元古界色洛河群变质岩系与花岗岩之间的接触带, 其控制矿体金的品位高, 规模不大; 脆性复合叠加构造带控矿, 矿体发育在二长岩和二长花岗岩体中, 控制矿体规模大, 品位高, 是矿区内最主要的控矿构造; 层间虚脱构造控矿, 矿体发育在中元古界色洛河群大理岩层之间, 碳酸盐为有利的控矿围岩, 矿体的规模小, 向北倾伏的褶皱构造倾没端是最有利的找矿远景区。在区域挤压应力背景下, 深大断裂的多次活动导致色洛河群变质岩系中金的活化, 富金的岩浆热液沿壳断裂上侵。在 145 Ma 左右, 由于地壳的拆沉作用, 造成岩石圈减薄, 形成区域性伸展动力学背景, 含成矿流体向 NE—NNE 向次级断裂系统扩溶带迁移, 在一定的物理化学条件下使金沉淀, 形成了海沟金矿。

关键词: 控矿构造; 脆—韧性剪切带; 脆性复合叠加构造; 层间虚脱构造; 挤压应力; 海沟金矿

中图分类号: P611

文献标识码: A

Study on ore-control tectonic style and mineralization dynamics mechanism of Haigou gold deposit in Yanbian of Jilin

FENG Ming¹, LU Jian-sheng²

1. College of Applied Technology, Jilin University, Changchun 130022, China;

2. Research Center of Paleontology & Stratigraphy, Jilin University, Changchun 130026, China

Abstract: Haigou gold deposit, a large quartz vein type one with poor sulphur is controlled by tectonic direction of NE—NNE. There are three kinds of ore controlling structures in the gold deposit: ore-control of brittle-ductile shear zone in direction of NNE, mainly controlled No. 43 vein developed in the contact strip between the metamorphic rocks and granite in Middle Proterozoic Seluohe Group, and the grade of the gold ore is high but the ore body is small; the brittle compound superimposed tectonic belt, controlled ore body in granite mass with large scope and high grade, as the main structure in the mining area; interlayer detachment structure, making the ore body occurred between marble layers, small in scope, with the dip end of fold as the beneficial place of ore finding mine. Under the regional extrusion stress setting, the activities of deep and big faults for many times resulted in activation of gold in the metamorphic series. Au-rich magma intruded along the crust faults ascendingly. The gold deposits were formed in 145 Ma transitional period from compression to extension, corresponding to the period of large-scale delamination of the lithosphere. Under the regional background of geologic structure, the magma containing ore-forming fluids moved up to the sub-faults. In some conditions of physics and chemistry the gold precipitated and formed the Haigou gold deposit.

Key words: ore controlling structure; brittle-ductile shear zone; extrusion stress; brittle compound super

收稿日期: 2007-03-15; 改回日期: 2007-06-12

imposed tectonic belt ; interlayer detachment structure ; Haigou gold deposit

海沟金矿是一个大型贫硫化物石英脉型金矿。该矿于 20 世纪 80 年代初开采, 90 年代进入开采、产量高峰期, 现已成为吉林省重要的产金地之一。该矿床研究工作始于 20 世纪 90 年代, 取得了一定的研究成果, 包括矿区脉岩和赋矿岩体与金成矿关系的研究^[1]; 同位素地球化学与成矿流体地球化学的研究^[2]; 对不同成矿阶段石英的矿物学特征、红外光谱、热释发光研究^[3,4]; 围岩蚀变与金矿的关系^[5]; 找矿标志与成矿预测^[6]。但尚未对该矿的控矿构造类型和成矿动力学机制进行研究, 在前人工作的基础上, 笔者对海沟金矿进行了野外和室内研究。笔者在分析阐述海沟金矿控矿构造类型的

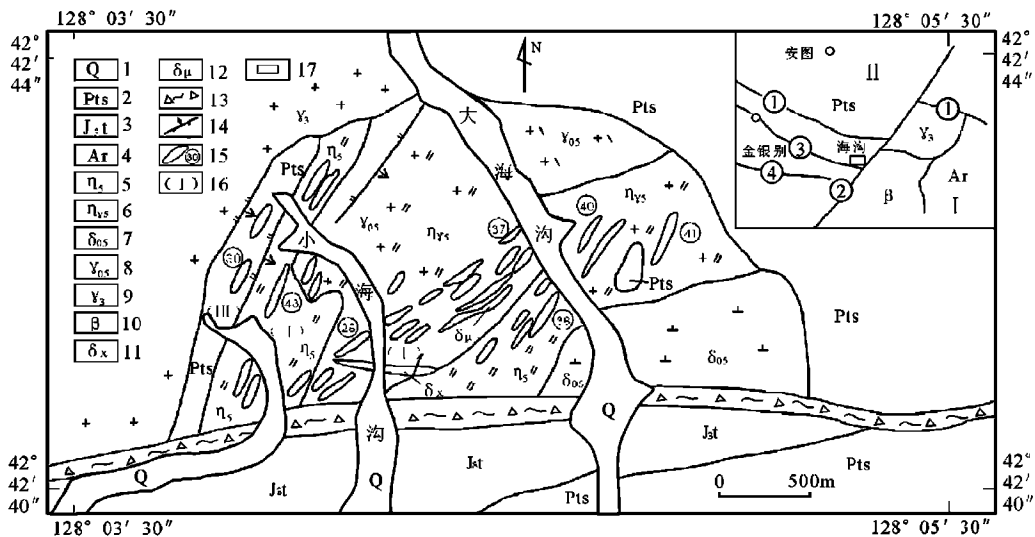
基础上, 对成矿动力学机制进行探讨, 以便在该地区寻找同类型矿床提供依据。

1 矿区及矿床地质特征

1.1 矿区地质概况

海沟金矿所处大地构造位置属华北古板块北缘东段与延边华力西褶皱带之间的过渡带, 区内断裂构造发育, 主要有 NW 向富尔河—古洞河断裂, 清茶馆—白水滩断裂, NE 向两江断裂带, 矿区位于 NW 与 NE 两组深断裂交汇处, 受 NE 向断裂控制明显 (图 1)。

矿区内出露的地层为中元古界色洛河群变质岩



1. 第四系沉积物; 2. 中元古界色洛河群变质岩系; 3. 晚侏罗世屯田营组; 4. 太古宙片麻岩; 5. 燕山期二长岩; 6. 燕山期二长花岗岩; 7. 燕山期闪长岩; 8. 斜长花岗岩; 9. 加里东期花岗岩; 10. 喜山期玄武岩; 11. 正长闪长斑岩脉; 12. 闪长玢岩脉; 13. 破碎带; 14. 逆断层; 15. 含金石英脉及编号; 16. 脉群号; 17. 大图在小图中的位置。 · 中朝古板块; · 蒙古古洋板块; 富尔河—古洞河岩石圈断裂带; 鸭绿江岩石圈断裂 (两江断裂); 金银别—海沟断裂; 夹皮沟—老牛沟断裂

图 1 吉林海沟金矿区地质图^[6]

Fig. 1 Geologic map of Haigou gold mining area

系, 按其原岩及变质程度可分为下、中、上三个岩性段: 下段为绢云母石英片岩夹大理岩透镜体, 岩层受变质作用的影响具片理化; 中段为碳质板岩; 上段为中酸性凝灰岩及黑云母片岩。由于地层受强烈混合岩化作用, 地层只零星分布于矿区内。在矿区的南部, 分布一套晚侏罗世屯田营组火山岩, 主要由玄武质粗面安山岩—粗面岩—英安岩组成^[7]。

区内岩浆岩发育, 包括海沟花岗岩体及其伴生岩脉和伴生的大海沟石英闪长岩。其中海沟花岗岩体由斜长花岗岩、二长岩和二长花岗岩体构成, 为燕山期构造—岩浆活动产物, 与成矿关系密切, 二长岩和二长花岗岩全岩 Rb-Sr 年龄为 181 Ma, 锆石 U-Pb 法年龄为 167 Ma, 大海沟石英闪长岩侵入到海沟花岗岩体和色洛河群变质岩系中, 该岩体

全岩 Rb-Sr 年龄为 142.3 Ma, 黑云母 K-Ar 年龄为 120.9 Ma, 角闪石 K-Ar 年龄为 102.1 Ma^[2]。脉岩主要有闪长玢岩、次安山岩、煌斑岩、正长闪长斑岩等, 形成时代为 142.3 ~ 120.94 Ma^[8]。根据脉岩与矿脉的穿切关系, 可分为成矿前脉岩—闪长玢岩, 呈 NE 向展布, 与矿脉的展布方向一致, 且密切伴生; 而成矿后脉岩, 为次安山岩、煌斑岩和正长闪长斑岩等, 呈 NWW 向展布, 切穿早期岩脉和矿脉。

1.2 矿床地质特征

1.2.1 含金石英脉产出特征

海沟金矿床由数十条含金石英脉组成, 分布于二长岩和二长花岗岩体中或岩体与围岩的接触带, 呈 NE30°~50° 延伸, 倾向 NW, 倾角 35°~70°, 其中具有工业开采价值的是 28 号、43 号、38 号含金石英脉, 脉体呈斜列式、似层状或纺锤状。

38 号含金石英脉群由 38—、38—、38—号矿脉组成, 位于 28 号矿脉的东侧, 平面上呈左行斜列特点, 地表出露长 > 500 m, 宽约 30 m, 矿体平均厚度 4.76 m, 总体走向 NE40°~50°, 倾向 320°, 倾角 40°~50°。

1.2.2 矿物组构

矿石主要是贫硫化物石英脉型金矿石组成, 硫化物含量 < 5%, 金属矿物主要为自然金、方铅矿、黄铁矿及少量的闪锌矿、黄铜矿和磁黄铁矿等; 脉石矿物主要为石英, 其次为方解石。载金矿物除自然金外, 主要为方铅矿、黄铁矿、石英及金的碲化物; 自然金多为显微金, 分布于硫化物及石英的晶隙和裂隙中, 少量为包体金。矿石的构造以脉状和网脉状为主, 在硫化物矿脉两侧出现稀疏浸染状构造, 矿石结构以结晶结构为主。

1.2.3 成矿阶段及围岩蚀变

根据野外及室内的研究, 矿床成矿作用可划分为两期, 即热液期和表生期。热液期又可分为 5 个矿化阶段: 第一阶段为贫硫化物黄铁矿-金-石英脉阶段; 第二阶段为富硫化物方铅矿-金成矿阶段; 第三阶段为自然金-硫化物阶段; 第四阶段为自然金-贫硫化物-铀矿成矿阶段; 第五阶段为无矿石英-方解石脉阶段。其中第二、三阶段为金矿床的主要成矿阶段。

矿体的围岩蚀变受 NE 向断裂构造控制, 蚀变类型有硅化、钾化、绢云母化、绿泥石化、绿帘石

化、电气石化、滑石化等, 蚀变带宽度为 0.3 ~ 2.0 m, 围岩蚀变的分带性明显, 分布于含金石英脉的两侧, 自中心向外依次对称出现石英-钾长石化带 石英-绢英岩化带 青盘岩化带 碳酸盐化带。

2 控矿构造类型

海沟金矿构造控矿作用十分明显, 对矿体的空间展布和矿化富集等均有明显的控制作用。海沟金矿区主要构造格架为走向 NW 的断裂构造及走向 NE-NNE 向的断裂构造和褶皱。

2.1 NW 向断裂构造

区域上 NW 向大断裂由五条近于平行的断裂组成, 总体为 NW 向延伸, 在海沟矿区, 走向逐渐转变为近 EW 向, 倾向南, 倾角 50°~70°。断裂构造长度上 > 300 km, 宽 30 km, 断裂构造西部较宽东部较窄。在海沟金矿区 NW 向金银别—海沟断裂与 NE 向两江断裂交汇处, 金银别—海沟断裂被逆时针错断, 水平断距达 20 km。

NW 向金银别—海沟断裂带, 具有多次活动特点, 控制了夹皮沟—海沟—金成洞构造岩浆杂岩带的分布, 尽管该构造环境无工业矿体存在, 但其矿化和受控构造的产生为后期大型金矿形成提供所必要的幔源流体、金质来源和导矿构造等方面, 创造了极为有利的条件^[6]。

2.2 NE-NNE 向控矿构造

2.2.1 NNE 向韧性断裂带

分布在矿区的西部, 二长花岗岩体与中元古色洛河群变质地层接触带, 走向 NE25°~35°, 该韧性构造带, 由于后期又叠加了张性脆性断裂, 形成复合构造, 共同控制了海沟金矿的 43 号矿脉群。

NNE 向韧性断裂带和片理化带, 倾向 NW, 倾角 50°~60°, 在矿区出露长约 1 000 m, 宽约 20 m, 受韧性断裂带和晚期脆性断裂控制的 43 号矿脉群, 共有 17 条含金石英脉组成, 矿脉长 780 m, 宽 170 m, 平均宽 7.5 m, 脉体呈似层状。在花岗岩基础上, 发育了一套糜棱系列的岩石, 按糜棱岩化的程度可分为糜棱岩化岩石、初糜棱岩、糜棱岩。含金石英脉紧邻糜棱岩, 说明韧性剪切带在变形过程中的流体迁移是由剪切带边部向中心进行的, 流体的沉淀与糜棱岩化程度及变形程度密切相关, 韧性构造带的形成时代为 164.55 Ma^[8]。

糜棱岩中可以看到糜棱叶理、S-C组构，石英变形构造发育，石英的波状消光、变形纹、亚晶和核幔构造，变形使得原岩逐渐细粒化、叶理化和新矿物化，花岗闪长岩逐渐变成糜棱岩。研究表明，单晶颗粒的溶解动力小于多晶颗粒的溶解动力。因此，构造作用下的变形、碎裂、亚颗粒和细粒化，将会提高矿物的溶解能力^[9]。笔者认为，韧性剪切带不仅是提供成矿时间和空间的一种因素，而且，韧性剪切作用本身就是一种主要的成矿机制。剪切作用可促进成矿物质活化，形成成矿溶液，造成 Au 元素的迁移，富集成矿^[10]。

2.2.2 NE 向脆性叠加断裂控制矿脉群

该断裂走向 $40^{\circ} \sim 52^{\circ}$ ，平均走向 44° ，倾向 NW，倾角 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，一般为 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ ，沿走向及倾向均呈舒缓波状延伸。构造带由构造角砾岩、含金石英脉和断层泥砾岩组成，宽度从数米至 200 m，具明显的膨胀狭缩特点。断裂面形态规则，阶步、擦痕发育。主断裂面两侧牵引褶皱可以指示断裂运动的方向，也反映出断裂活动的多期性特点。每次构造活动过程中都伴有不同的脉岩侵入和不同的矿化蚀变类型。受断裂控制的含金石英脉有两期，每一期所含成矿物质不同。

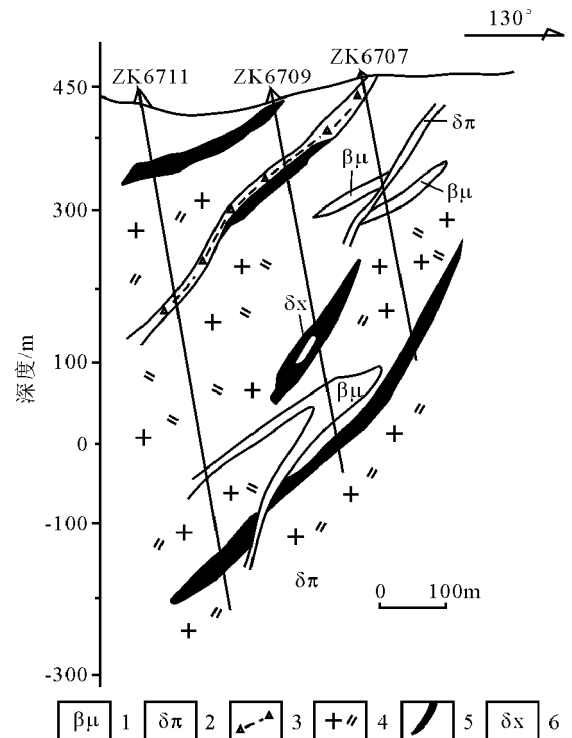
28 号主矿体由 28-1、28-2、28-3、28-4 号含金石英脉组成，位于矿体中部，是规模最大的含金石英脉群，构成矿区主矿体，受 NE 向脆性复合叠加构造带控制，总体走向 $NE40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ ，倾向 NW，倾角变化较大。含金石英脉由大小不等的呈平行斜列的透镜体组成，在倾角变缓处膨大，倾角向深处逐渐变陡（图 2）。总体长 1700 m，单条脉宽度为 4.7~15.2 m 变化，最大垂直深度 >450 m，在 67 线 600 m 深处，仍可见到 28 号矿脉。含金石英脉中石英颗粒 < 1 mm，微裂隙发育。在 ZK315 的 566.2~569.2 m 处金的品位分别为 9.78、18.26、7.38，平均品位为 11.81 g/t^[11,12]。

28 号矿脉群中的脉体产出具有等间距性，这正是控矿构造的等距性分布导致的结果。而控矿构造呈等距性产出与所处的张应力作用、压应力作用或多次构造的叠加有关。这种等距性既指走向相同的脆性断裂含矿带等距分布；又包含同一脆性断裂带内含金石英脉等距分布。

2.2.3 轴向 NE 层间虚脱部位控矿

层间虚脱构造分布于海沟倾伏背斜轴部附近，

轴向 NE，与海沟背斜轴向近于一致。赋存于层间虚脱构造中的矿体呈纺锤状，其延伸方向与虚脱构造轴向近一致（图 3）。由于构造应力持续作用，层间虚脱构造内产生一系列高压区和低压区，矿体厚度膨胀和尖灭再现现象常见。另外在层间虚脱构造周围常发育一些楔状穿层裂隙，内含矿^[13]。层间虚脱构造控制矿区的 40 号和 41 号矿脉。由于海沟金矿是一个向 N 倾伏的背斜构造，其核部为中生代的花岗闪长岩，两翼由中元古色洛河群变质岩组成，在矿区北部剥蚀量较小，所以矿体能够保存下来。但是规模较小。



1. 煌斑岩；2. 闪长岩；3. 构造破碎带；4. 二长花岗岩；5. 金矿体；6. 正长斑岩

图 2 28 号矿体控矿构造剖面图

Fig. 2 Cross section of ore control structure of No. 28 orebody

2.2.4 控矿规律及进一步找矿方向

(1) 矿区内导矿构造是 NE 向的两江断裂，其缓倾向 NW，而与两江断裂斜交切的破碎带构造产状陡倾斜 NW。沿两江断裂上侵的含矿流体在断裂带流体压力下向压力减小的上方迁移，故断裂 NW 一侧破碎带内金矿发育，尤其是倾伏背斜轴部形成虚脱构造，其枢纽 SE 侧伏。经计算，本区剥蚀量

在 1.7~4.5 km, 平均在 2.91 km。因此, 海沟金矿进一步找矿应在两江断裂 NW 盘倾伏褶皱的倾伏端进行。

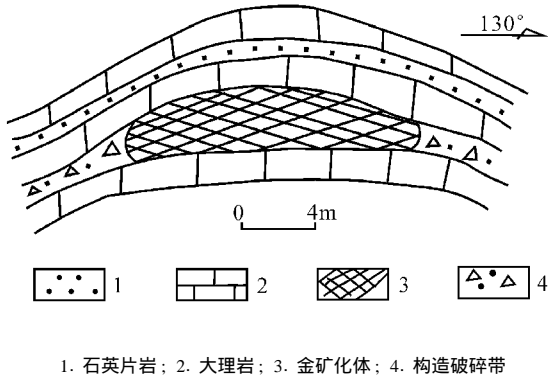


图3 层间虚脱构造控制的40号矿体剖面示意图

Fig. 3 Profile showing No. 40 orebody controlled by inter-layer detachment structures

(2) 韧性剪切带不均匀变形所形成的强弱应变域, 含金背景值的差异和岩石力学性质的不同, 从基础上控制了成矿期间矿化富集部位。区域糜棱岩带抬升剥蚀以后形成的 NNE 向脆性断裂系与强韧性剪切带叠加地段, 是最有利的成矿区。所以, 矿区西侧的剪切带强应变域是重点工作区。

(3) 在花岗岩体中, 形成了一系列 NE 向的次级控矿构造, 由于应力场的变化, 控矿构造具有多期活动特点, 深部矿体具有一定的规模, 但品位较低。

3 成矿动力学分析

从成矿动力学背景分析, 该金矿带具有中国东部成矿条件的优越性: 矿床位于布列亚—佳木斯地块与中朝古板块北缘东段的碰撞对接部位, 这种碰撞构造体制形成一系列深大断裂构造, 是成矿流体的运移通道; 它位于龙岗古陆与夹皮沟花岗岩-变质岩系的接触部位, 这种不同地质单元的接合部位往往是构造岩浆活动最频繁地方, 对成矿作用非常有利^[2]。早侏罗纪, 吉林东部乃至整个欧亚大陆的东部边缘的地史演化中是一个重要的构造环境转折时期, 即由原来的古亚洲提斯构造域转变为环太平洋构造域, 构造方向也发生了重大转变。

中元古代期间, 在海沟地槽内沉积了一套海相碎屑岩—碳酸岩建造和基性—中酸性火山建造, 并有大量金等成矿物质被带到该地层中, 金由于基性

岩浆中的硫达到过饱和引发分馏作用而脱离岩浆, 并伴随物质沉积下来, 形成含金沉积物。随后由于长期复杂的地质构造作用, 使其遭受不同程度的变质作用和混合岩化作用, 并进一步富集金等成矿元素。色洛河群地层的金平均含量为 4.6×10^{-9} , 并且在下段地层的斜长角闪片岩和硅化大理岩中一般含量高达 $5 \times 10^{-9} \sim 23 \times 10^{-9}$ 得到证明^[2]。

晚二叠世, 本地区槽台连为一体, 形成了金银别—海沟—金城洞等一系列 NW 走向的地台边缘构造带。此时, 我国东部普遍遭受伊泽纳崎 (Izanagi Plate) 板块 NW 方向的俯冲作用影响, 总体上属于俯冲带陆缘一侧的活动陆缘。伊佐纳崎板块以 $5.3 \sim 30 \text{ cm/a}$ 的速度向 NW 方向运动, 与欧亚大陆东缘形成小角度 ($28^\circ \pm$) 斜向俯冲^[14], 由此产生了活动陆缘的大规模左行剪切构造带。中国东部受到强烈的挤压作用, 在这种应力场作用下, 本地区形成了 NE 走向的两江压剪性断裂及一些 NE 向次级小断裂。在深处形成了海沟背斜褶皱, 随后, 在 NE 走向的两江超壳断裂与 NW 走向的金银别—海沟—金城洞深断裂的交汇处, 形成岩浆上升的通道。重熔的二长花岗岩浆沿着深断裂上侵, 就位于海沟背斜的核部, 并使海沟背斜遭到破坏。来自活动热液系统的证据及野外和实验室研究成果清楚地表明, 岩浆对热液流体贡献了水、金属及配位体等组分^[15]。由于频繁的构造作用和岩浆活动, 在海沟岩体与色洛河群变质岩接触带, 形成了一系列的 NNE 向的构造糜棱岩带和片理化带。

145 Ma 左右, 是中国东部构造应力场转折时期, 软流圈地幔上升, 大规模岩石圈拆沉, 中国大陆东部普遍处于伸展构造背景下^[16,17]。此时, 早期 NE 向压性断裂转变为张性断裂, 或张性断裂叠加在韧性剪切带之上, 在这些张性断裂带附近的次级断裂就成为最佳的储矿部位。在成矿作用过程中, NE—NNE 向张性断裂带中所具有的构造角砾岩和碎裂岩等, 较其他方向的构造更富有高渗透性, 成为导矿有利通道和控矿空间。以岩浆热液为主的成矿流体, 富含卤族元素和碱金属元素, 循环于色洛河群地层中, 由于变质岩的透水性较低, 含金变质流体可较长时间地滞留圈闭于变质地层之中, 活化了地层中的金等元素。成矿流体沿断裂带上升过程中, 非常缓慢地渗透到某些构造扩溶带中, 由于物理化学条件的改变, 成矿流体沉淀在

NE-NNE 向次级张性断裂带中, 形成了海沟金矿床。

4 结论

(1) 控矿构造有韧性剪切带、叠加在韧性剪切带上的 NE-NNE 向张性断裂和层间虚脱部位 3 种类型。主要控矿构造是叠加在韧性剪切带上的 NE-NNE 向张性断裂。

(2) 145 Ma 左右是中国大陆东部构造应力场发生重大转变时期, 即由挤压环境转变为拉张环境, 使一系列 NE-NNE 向张性断裂叠加在早期韧性剪切带上, 在岩体内及其周边地层中发育大量的 NE-NNE 向次级控矿构造系统, 断裂的交汇处构成岩浆的通道, 成矿流体在物理化学条件发生变化时, 金从热液中大量沉淀, 就位于 NE-NNE 向次级断裂系统中, 从而形成了海沟金矿。

参考文献:

- [1] 曾庆栋, 沈远超, 孟庆丽. 海沟金矿区脉岩特征及其与金矿成矿关系 [J]. 贵金属地质, 1999, 8 (2): 70-74.
ZENG Qing-dong, SHEN Yuan-chao, MENG Qing-li. The characteristics of vein rocks and relationship with gold metallogenism in Haigou gold ore area, Jilin Province [J]. *Journal of Precious Metallic Geology*, 1999, 8 (2): 70-74.
- [2] 李志明, 张长江, 廖宗廷, 等. 海沟金矿地质—地球化学特征及其成矿机制探讨 [J]. 地质与资源, 2005, 14 (2): 111-117.
LI Zhi-ming, ZHANG Chang-jiang, LIAO Zong-ting, et al. Geological and geochemical characteristics and the ore-forming mechanism of Haigou gold deposit [J]. *Geology and Resources*, 2005, 14 (2): 111-117.
- [3] 李殿超, 张培萍, 张德云, 等. 吉林海沟金矿石英的红外光谱及热发光特征 [J]. 长春地质学院学报, 1995, 25 (1): 47-51.
LI Dian-chao, ZHANG Pei-ping, ZHANG De-yun, et al. Study on the characters of thermoluminescence and infrared spectrum of quartz about Haigou gold deposit in Jilin Province [J]. *Journal of Changchun University of Earth Sciences*, 1995, 25 (1): 47-51.
- [4] 张培萍, 李殿超, 刘丽华. 海沟金矿石英找矿矿物学研究 [J]. 黄金, 1995, 16 (6): 6-8.
ZHANG Pei-ping, LI Dian-chao, LIU Li-hua. Study on ore-hunting mineralogy of quartz of Haigou gold deposit [J]. *Gold*, 1995, 16 (6): 6-8.
- [5] 刘劲鸿. 吉林省海沟金矿区围岩蚀变特征 [J]. 吉林地质, 2002 (3): 15-21.
LIU Jin-hong. The country rock alteration characteristics of the Haigou Au deposit, Jilin Province [J]. *Jilin Geology*, 2002 (3): 15-21.
- [6] 孙忠实, 冯亚民, 孟庆丽. 吉林海沟金成矿预测新思路 [J]. 吉林地质, 1998, 17 (3): 43-50.
SUN Zhong-shi, FENG Ya-min, MENG Qing-li. A new thought of gold metallogenetic prognosis ore, Jilin Province [J]. *Jilin Geology*, 1998, 17 (3): 43-50.
- [7] 赵全国, 许文良, 靳克, 等. 延边地区中生代火山岩的岩浆源区: 来自 Sr-Nd 同位素和深源捕虏体的证据 [J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2005, 35 (4): 416-422.
ZHAO Quan-guo, XU Wen-liang, JIN Ke, et al. The magma source of Mesozoic rocks in Yanbian area: evidence from Sr-Nd isotopes and deep seated xenoliths (xenocrysts) [J]. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2005, 35 (4): 416-422.
- [6] 冯守忠. 吉林海沟金矿床地质特征及成矿模式 [J]. 地质与勘探, 1999, 35 (1): 10-13.
FENG Shou-zhong. Geology and metallogenetic model of the Haigou gold deposit, Jilin [J]. *Geology and Prospecting*, 1999, 35 (1): 10-13.
- [9] 吕古贤, 廖昌溪, 郭涛. 金矿床的构造物理化学成矿理论问题的探讨 [J]. 黄金地质, 2003, 9 (2): 1-14.
LU Gu-xian, LIAO Chang-xi, GUO Tao. Discussion on metallogenetic theoretical problem of tectophysico-chemistry of gold deposits [J]. *Gold Geology*, 2003, 9 (2): 1-14.
- [10] 冯明, 郭华. 吉林四平山门银矿区韧性剪切带构造变形特征及其研究意义 [J]. 现代地质, 1995, 9 (3): 337-342.
FENG Ming, GUO Hua. Characteristics and study significance of structural deformation in ductile shear zone of Shanmen silver ore district, Siping, Jilin Province [J]. *Geoscience*, 1995, 9 (3): 337-342.
- [11] 冯明, 王好均, 曹国, 等. 吉林海沟金矿控矿构造特征及其演化 [J]. 长春工程学院学报: 自然科学版, 2005, 18 (1): 44-47.
FENG Ming, WANG Hao-jun, CAO Guo, et al. Characteristics of ore-controlling structures and evolution in Haigou gold ore area, Jilin Province [J]. *Journal of*

- Changchun Institute of Technology: Natural Science Edition*, 2005, **18** (1): 44-47.
- [12] 冯明, 曹成润, 陈力. 吉林海沟金矿地质特征及应力场分析 [J]. 地质与资源, 2005, **14** (4): 268-271.
FENG Ming, CAO Cheng-run, CHEN Li. Characteristics of Haigou quartz-vein gold deposit and analysis of tectonic stress field, Jilin Province [J]. *Geology and Resources*, 2005, **14** (4): 268-271.
- [13] 李碧乐, 孙丰月, 丁清峰, 等. 北京市万庄金矿控矿构造类型及控矿特征 [J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2004, **34** (2): 206-210.
LI Bi-le, SUN Feng-yue, DING Qing-feng, *et al.* Types and features of the ore controlling structures in the Wanzhuang gold deposit, Beijing [J]. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2004, **34** (2): 206-210.
- [14] 贾大成, 胡瑞忠, 冯本智, 等. 吉林延边地区中生代火山岩金铜成矿系列及区域成矿模式 [J]. 长春科技大学学报, 2001, **31** (3): 224-229.
JIA Da-cheng, HU Rui-zhong, FENG Ben-zhi, *et al.* Gold-copper metallogenic series and metallogenic model of Mesozoic volcanic belt in Yanbian area, Jilin Province [J]. *Journal Changchun University of Science and Technology*, 2001, **31** (3): 224-229.
- [15] 赵利青, 李占芳, 李志宏, 等. 现代金矿成矿理论的若干进展 [J]. 黄金地质, 2004, **10** (2): 59-68.
ZhAO Li-qing, LI Zhan-fang, LI Zhi-hong, *et al.* Some progress on modern metallogenic theory of gold ore deposits [J]. *Gold Geology*, 2004, **10** (2): 59-68.
- [16] 毛景文, 王志良. 中国东部大规模成矿时限及其动力学背景的初步探讨 [J]. 矿床地质, 2000, **19** (4): 289-296.
MAO Jing-wen, WANG Zhi-liang. A preliminary study on time limits and geodynamic setting of large scale metallogeny in East China [J]. *Mineral Deposits*, 2000, **19** (4): 289-296.
- [17] 吴福元, 葛文春, 孙德有, 等. 中国东部岩石圈减薄研究中的几个问题 [J]. 地学前缘, 2003, **10** (3): 51-59.
WU Fu-yuan, GE Wen-chun, SUN De-you, *et al.* Discussion on the lithospheric thinning in eastern China [J]. *Earth Science Frontiers*, 2003, **10** (3): 51-59.

欢迎订阅《世界地质》

《世界地质》(ISSN1004 - 5589/ CN22 - 1111/ P) 是由吉林大学东北亚国际地学研究教学中心主办的综合性地学学术刊物。是中国科技核心期刊, 被美国《化学文摘》(CA) 和俄罗斯《文摘杂志》(AJ) 所收录, 现为中国科学引文数据库和中国学术期刊综合评价数据库来源期刊。

《世界地质》编委会由 40 多位国内外专家、学者组成, 其中包括 8 位国外专家编委。

该刊以跟踪地学前沿, 及时反映全球地学领域里的新发现、新理论和新成果为办刊宗旨, 内容涉及基础地质(包括地层、古生物、构造、岩石、矿物和区域地质等)、矿床地质、能源地质、海洋地质、水文地质、地质工程、环境地质(含生态地质和灾害地质)、遥感地质、地球物理、地球化学、勘探工程、地质信息、岩矿测试等研究成果。

《世界地质》中文版为季刊, 大 16 开本, 每期 104 页, 季末月 22 日出刊。每本定价 10 元, 全年 40 元。邮发代号 12 - 127, 读者可通过邮局订阅。补订者与本刊编辑部联系, 竭诚欢迎订阅和投稿。

通讯地址: 长春市西民主大街 938 号《世界地质》编辑部 邮政编码: 130026

E-mail: sjdz@jlu.edu.cn

电话: (0431) 88502100, 88502274, 88502587

传真: (0431) 8502274