

# 大兴安岭北部砂宝斯蚀变砂岩型 金矿地质特征\*

齐金忠

李莉 郭晓东

(中国地质大学, 北京)

(武警黄金地质研究所, 河北廊坊)

**提 要:** 砂宝斯金矿为我国最近在黑龙江省漠河县发现的一大型蚀变砂岩型金矿床(平均品位 $4.02 \times 10^{-6}$ )。矿体仅赋存于侏罗系二十二站组砂岩中, 其下伏地层并不含矿。矿体分缓倾顺层矿体和陡倾穿层矿体, 分别受NS向缓倾断裂和陡倾断裂构造控制。矿石类型有蚀变砂岩型和构造破碎蚀变砂岩型, 为少硫化物型矿石, 其中金主要为微细粒金。稳定同位素及流体包裹体资料表明成矿流体是以天水为主的中低温热液。

**关键词:** 砂宝斯金矿 蚀变砂岩 地质特征 大兴安岭

中图法分类号: P618.5

黑龙江省漠河县位于大兴安岭北段, 属原始森林覆盖区。该区以盛产砂金著称, 而岩金开发尚属“空白”。近年来, 在与之毗邻的俄罗斯近国境线地带, 已发现多处与中生代火山岩有关的大型、超大型金矿床<sup>[1]</sup>。本区具有与其相似的地质背景, 而砂宝斯大型岩金矿床的发现也显示出该区金矿成矿潜力巨大。

## 1 成矿地质背景

砂宝斯金矿处于漠河县西北部, 在大地构造位置上属额尔古纳地块。区域上出露的地层有: 中元古兴华渡口群片岩、片麻岩、斜长角闪岩、变粒岩及混合岩类; 古生界寒武系额尔古纳组大理岩及片岩; 泥盆系结晶灰岩、泥灰岩等; 中生界是本区最发育的地层, 不整合覆盖于古生界之上, 早期(早、中侏罗世)为河湖相碎屑沉积, 形成侏罗系绣峰组、二十二站组及额木尔河组砂砾岩、砂岩、页岩夹煤线; 晚期(晚侏罗世—白垩纪)形成中基性—中酸性火山熔岩及凝灰岩, 构成大兴安岭火山岩带的一部分。区域上岩金矿床主要赋存于中侏罗砂岩中, 也有部分金矿化点赋存于兴华渡口群中。

区域上由内蒙古延入的NE向得尔布干岩石圈断裂是黑龙江西北部的一级断裂构造。此外, 本区次一级的壳断裂有NE—NEE、NW—NWW向二组。其中NE—NEE向断裂构造由一系列近于平行的长达100~200 km断裂构成, 在断裂带的北东段有成串排列的火山口。NW—NWW向断裂构造也是区域上的一组重要构造带, 由多条大体等距平行的断裂组成, 沿该组线性构造也分布有一系列的火山口。NW—NWW向构造与NE—NEE向线性构造相互交切, 构

\* 武警黄金指挥部专项基金(HJ9409)资助

第一作者简介: 齐金忠, 男, 34岁, 构造地质学博士研究生, 武警黄金地质研究所高级工程师。邮政编码: 065000  
1999-04-19收稿, 1999-10-12修改回

成本区基本的断裂构造格局。另外,在北极村河及达赖岭一带还发育有一系列NS向断裂构造,其连续性较差,常被其它方向的构造切割。这些NS向构造与区域上NS向重力梯度带相吻合,推测与基底构造有关,并常构成与金矿化有关的构造破碎蚀变带。

区域上出露的岩浆岩较为复杂,主要有:张广才岭期花岗岩,以规模较大的二长花岗岩和正长花岗岩为主,其Sm-Nd年龄为 $614 \times 10^6 \sim 638 \times 10^6$  a;华力西期花岗岩,多为NE向展布的岩基,岩性为二长花岗岩、花岗闪长岩及碱性花岗岩,其K-Ar年龄为 $268 \times 10^6 \sim 312 \times 10^6$  a;还有燕山期花岗岩,主要分布于北极村河和龙沟河一带,岩性主要为花岗闪长岩和花岗斑岩,多以岩枝或岩株产出,其K-Ar年龄为 $92 \times 10^6 \sim 126 \times 10^6$  a。此外还有一系列的脉岩,包括伟晶岩脉、细晶岩脉、花岗闪长岩脉、花岗斑岩脉、闪长岩脉及霏细岩脉等,与之有关的矿种有Au、Ag、Hg、Pb、Mo等。

## 2 矿区地质

砂宝斯金矿是武警黄金三支队1990至1991年进行1:5万水系沉积物测量时发现的,后经进一步勘探查明矿床规模可达大型。

### 2.1 地层

矿区主要出露以下地层:古生界泥盆系下统泥鳅河组,该组地层岩性为板岩、结晶灰岩、泥质岩,与下伏的大理岩地层为不整合接触或断层接触。板岩、灰岩中可见硅质条带和黄铁矿细脉,局部黄铁矿极强,但金含量极低(仅为 $10 \times 10^{-9}$ )。中生界侏罗系二十二站组,该组地层矿区分布广泛,金矿体、矿化体均产于其中(图1)。其岩性主要为一套陆源沉积及火山凝灰质沉积,包括各种粒度的砂岩、粉砂岩、凝灰质砂岩及煤线夹层。砂岩的含矿性与砂岩的粒度大小有关,矿体多产于中细粒砂岩中。另外,含碳质较高的岩性段,金的品位明显增高(见后文表2)。

### 2.2 构造

在矿区发育的断裂构造主要有NE向、NW向和近NS向构造(图1)。其中,NE向断裂主要见于泥盆系灰岩及寒武系大理岩中,形成宽达数米的片理化带。断层走向为 $25^\circ \sim 30^\circ$ ,倾向东,倾角 $30^\circ$ 左右。根据破碎带中片理与断层面的交角判断为逆断层。并且,该断层在侏罗系砂岩中并不发育,表明主要在成矿前活动。NW向断裂走向 $280^\circ \sim 310^\circ$ ,倾角 $11^\circ \sim 42^\circ$ ,它对侏罗系砂岩层及II号矿体有明显的错动,显示为成矿后活动断层,且主要表现为右行平移滑动,但活动规模较小,对矿体破坏不大。

近NS向构造在矿区比较发育,表现为一系列走向近于平行的断层及构造破碎蚀变带。矿区已发现的3条矿脉均赋存于这些构造破碎蚀变带中。NS向断层按产状可分为两组,即陡倾角断层和缓倾角断层。陡倾角断层位于矿区西部,III号矿体即产于断层的上盘(图2)。其走向一般为 $15^\circ \sim 345^\circ$ ,倾向西,倾角 $60^\circ \sim 70^\circ$ 。断裂长大于1 km,断裂破碎带宽 $3 \sim 5$  m,可见厚 $15 \sim 30$  cm的断层泥。断层面上可见两组擦痕,根据断面上阶步等确定该断层在成矿前为左行逆断层。在成矿期表现为正断层性质,在破碎带中可见棱角状断层角砾被硅质胶结,并见有矿化

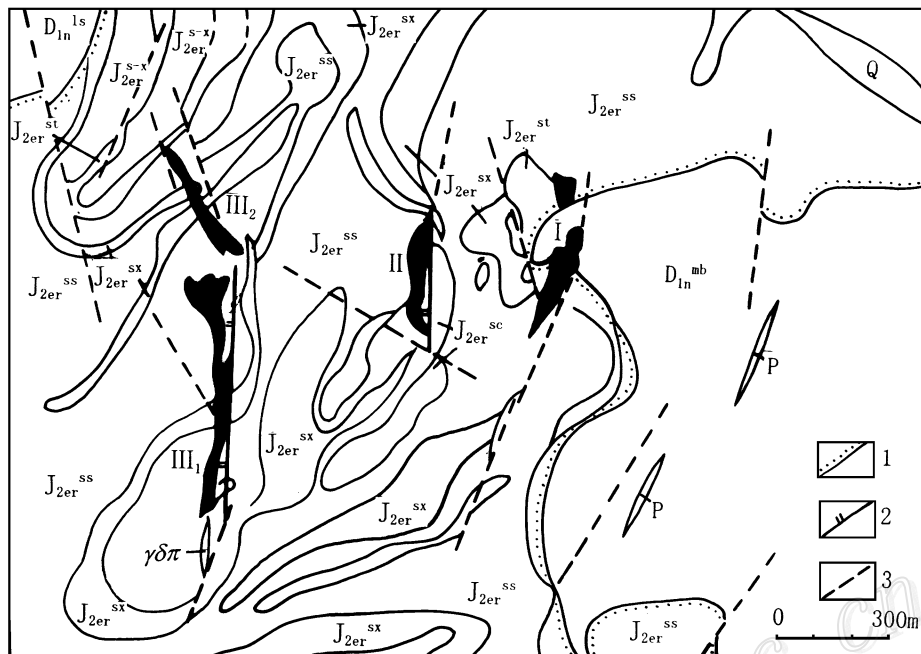


图1 砂宝斯金矿区地质略图

(据武警黄金三支队, 1994)

Q—第四系松散堆积物;  $J_{2er}^{s-x}$ —中粒砂岩夹薄层细砂岩及煤线;  $J_{2er}^{s-x'}$ —粉砂岩;  $J_{2er}^{ss}$ —细粒砂岩;  $J_{2er}^{st}$ —中粒砂岩;  $J_{2er}^{sc}$ —粗粒砂岩(含火山凝灰岩夹层);  $D_{1n}^{ls}$ —结晶灰岩、泥灰岩;  $D_{1n}^{mb}$ —大理岩及石英大理岩; P/ $\gamma\delta\pi$ —破碎带/花岗闪长斑岩脉; I ~ III—金矿体及编号; 1—不整合地质界线; 2—实测断层; 3—性质不明及推测断层

Fig. 1. Diagrammatic geological map of the Shabaosi gold ore district.

Q—Quaternary loose cumulates;  $J_{2er}^{s-x}$ —Medium-grained sandstone intercalated with thin-layered siltstone and seam;  $J_{2er}^{s-x'}$ —Siltstone;  $J_{2er}^{ss}$ —Fine-grained sandstone;  $J_{2er}^{st}$ —Medium-grained sandstone;  $J_{2er}^{sc}$ —Coarse-grained sandstone (with intercalations of volcanic tuff);  $D_{1n}^{ls}$ —crystalline limestone, marl;  $D_{1n}^{mb}$ —Marble and quartzose marble; P/ $\gamma\delta\pi$ —Fractured zone/granodiorite porphyry dike; I ~ III—Gold orebody and serial number; 1—Unconformity; 2—Fault; 3—Indeterminate or inferred fault.

石英脉充填。缓倾角断层位于矿区中部, 其走向也是近NS, 倾向西, 倾角 $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。该断层主要沿侏罗系砂岩与泥盆系灰岩的不整合面发育, 它控制着缓倾角的II号矿体的展布, 并在II号矿体附近形成宽达十余米的构造破碎蚀变带。断层活动性质与陡倾断层相似。根据趋势面分析结果, 侏罗系砂岩与泥盆系灰岩的不整合面存在两个NS向的凹槽, 而这两个凹部恰与I、II号矿体产出部位相吻合。

除断裂构造外, 在矿区侏罗系砂岩中还发育一系列宽缓的褶皱, 其轴面近于直立, 枢纽走向近南北。但褶皱对矿体的控制作用并不明显。

从以上分析可见, 砂宝斯矿区控矿、容矿构造为一系列的近NS向断裂。在成矿前这些断裂表现为逆断层。在成矿期, 近NS向断裂表现为正断层。而在成矿后矿区构造活动较弱。

### 2.3 岩浆活动

在砂宝斯矿区未发现岩基、岩株出露。而在矿区北10 km附近有一燕山期花岗岩株, 其面积约 $3 \sim 4 \text{ km}^2$ 。根据遥感解译结果, 该岩株正好出露于砂宝斯环形构造的中心部位, 显示了

砂宝斯环形构造为一由岩浆活动引起的热环。值得注意的是已发现的砂宝斯金矿、老沟岩金矿点、三十二站岩金矿点均处在该热环的边缘。显示了该热环对金矿的形成有明显的控制作用。

在砂宝斯矿区出露有较多的岩脉, 其中规模较大的是花岗闪长斑岩脉。该岩脉长大于150 m、宽0.5~1 m, 走向为SN向。III号矿体即位于该岩脉的接触带附近(图3)。在岩脉边部侏罗系砂岩明显有被烘烤变质而产生角岩化的迹象。根据对该岩脉切片镜下观察, 其中矿物成分明显分为两个世代。早世代矿物颗粒粗大, 晚世代矿物颗粒细小。并且早世代矿物有碎裂并被晚世代矿物充填包裹现象。反映岩脉为岩浆结晶分异过程中因构造活动而贯入形成的产物。根据岩性及产状判断该岩脉可能与矿区北部的花岗岩株为同源产物。

砂宝斯金矿区除花岗闪长斑岩外, 在侏罗系砂岩中还见有石英斑岩、闪长玢岩及霏细岩等岩脉以及火山凝灰质角砾岩、流纹岩及大量的火山沉积岩。按其形成时间可大致分为三期。

(1) 中侏罗前火山活动: 见于侏罗系砂岩与泥盆系灰岩的不整合面附近的一套火山凝灰质角砾岩。在剖面上该岩层呈一大的透镜状(图4), 最厚可达60 m以上, 总体走向为近SN。该火山角砾岩的金含量较高(达到 $23 \times 10^{-9}$ )。

(2) 中侏罗同沉积火山活动: 在矿区内侏罗统粗粒砂岩层中可见有厚达3 m的火山凝灰质角砾岩及凝灰质砂岩, 这些岩层连续性一般较差, 成分变化大。在局部出现的含角砾凝灰质砂岩, 其角砾最大可达20多厘米, 并且棱角分明、大小混杂、部分呈碎裂状, 成分亦混杂不一, 明显为火山喷发时崩碎的围岩产物。凝灰质砂岩中的凝灰质及玻璃质分布亦不均匀, 在有的部位火山玻屑较多, 而在另一些部位火山玻屑含量较少甚至不出现。

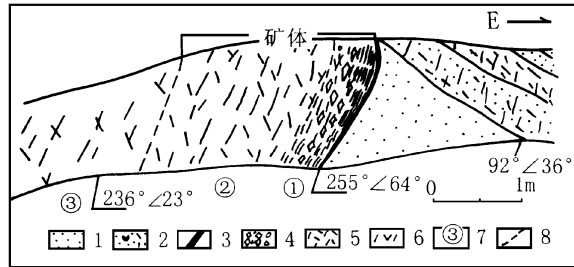


图2 砂宝斯金矿区III号矿体及蚀变带

- 1— 强风化砂岩; 2— 风化较弱的砂岩; 3— 断层泥; 4— 强碎裂岩带;
- 5— 碎裂岩带; 6— 弱碎裂岩带; 7— 蚀变带: ① 泥化-粘土化带;
- ② 硅化-黄铁矿化带; ③ 绢云母-绿泥石化带; 8— 蚀变分带界线

Fig. 2. No. III orebody and alteration zone in the Shabaosi gold ore district.

- 1— Heavily decomposed sandstone; 2— Weakly decomposed sandstone;
- 3— Fault clay; 4— Intensively fragmented rock; 5— Fragmented rock;
- 6— Slightly fragmented rock; 7— Alteration zone: ① Argillation-argillite zone; ② Silication-pyritization zone; ③ Sericitization-chloritization zone; 8— Zonation boundary.

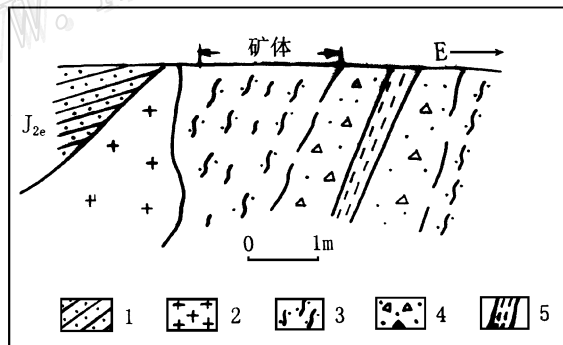


图3 砂宝斯III号矿体与花岗闪长斑岩脉的关系

- 1— 角岩化砂岩; 2— 花岗闪长斑岩; 3— 硅化砂岩(矿体);
- 4— 构造角砾岩; 5— 断层泥

Fig. 3. Geological section showing relationship between No. III orebody and granodiorite porphyry dike.

- 1— Hornfelsized sandstone; 2— granodiorite porphyry; 3— Silicified sandstone (orebody); 4— Tectonic breccia; 5— Fault clay.

(3) 中侏罗沉积后的岩浆活动: 表现为侵入于中侏罗统砂岩中的一系列脉岩, 其中包括石英斑岩脉、霏细斑岩脉(其中可见有霉球状黄铁矿化)、闪长玢岩脉等, 一般宽 $< 0.5\text{ m}$ 。此外, 中侏罗统砂岩层之上还发现有流纹岩类喷出岩。

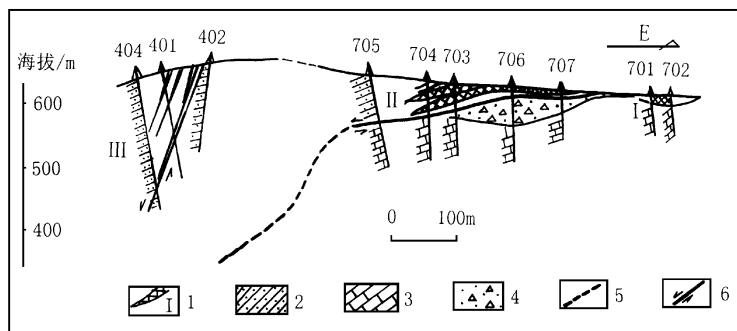


图4 砂宝斯矿区金矿床矿体剖面图

(据武警黄金三支队, 1994)

1—矿体及编号; 2—侏罗系砂岩; 3—泥盆系灰岩; 4—凝灰质角砾岩; 5—推测不整合面; 6—断层

Fig. 4. Geological section of orebodies in the Shabaosi gold ore district.

1—Orebody and serial number; 2—Jurassic sandstone; 3—Devonian limestone;

4—Tuffaceous breccia; 5—Inferred unconformity; 6—Fault.

### 3 矿床地质

#### 3.1 矿体特征

砂宝斯矿区共圈出3条金矿化带(图1, 图4), 各矿化带总体走向南北, 大致平行产出, 地表出露以III号矿带最长, 达1050 m, 矿带之间相距200~400 m, 各矿带及其中主要矿体的地质特征分述如下:

I号矿带: 位于矿区东部, 矿化体主要由致密块状的硅化砂岩组成, 内部可见硅化条带。该矿带中共圈出3个矿体。矿体以透镜状或板状为主, 均为南北方向展布, 与矿带总体走向一致, 倾向东, 倾角 $5^\circ$ 。单个矿体长100~350 m, 宽6.8~34.2 m, 垂深5~6 m(其下为无矿大理岩), 品位最高 $13.06 \times 10^{-6}$ , 最低 $1.03 \times 10^{-6}$ , 平均 $3.88 \times 10^{-6}$ 。

II号矿带: 位于矿区中部, 为矿区规模最大的矿带, 带内共圈出4个矿体, 以II-1号为主(占已探明储量的70%), 该矿体长260 m, 延深150 m, 在平面上呈向南分枝、变窄直至尖灭; 在剖面上呈向西分枝直至尖灭。在中部厚达28.38 m, 平均厚14.02 m, 品位最高 $9.88 \times 10^{-6}$ , 最低 $1.22 \times 10^{-6}$ , 平均 $4.00 \times 10^{-6}$ 。矿体主要由硅化砂岩组成, 总体走向南北, 西倾, 倾角 $5^\circ \sim 20^\circ$ 呈似层状, 顺层产出。受缓倾角的南北向断裂构造控制。

III号矿带: 位于矿区西部, 矿化体主要为强烈硅化的构造破碎蚀变砂岩、粉砂岩和碳质砂岩、泥质岩等。已圈定矿体16个, 形态均呈脉状, 倾向 $240^\circ \sim 280^\circ$ , 倾角一般为 $60^\circ \sim 70^\circ$ , 最大可达 $81^\circ$ 。其中最大的III-1号矿体长400 m, 垂深大于200 m, 在南段较薄(平均厚3.29 m), 品位较低( $3.31 \times 10^{-6}$ ); 在北段变厚大(厚达9.89 m), 品位较高( $4.81 \times 10^{-6}$ ), 矿体有向南侧伏趋势。该矿带实际是一条近南北向的构造破碎蚀变带, 矿体受断裂构造控制极为明显。

### 3.2 矿石类型

砂宝斯金矿床的矿石主要有两种矿化类型, 即蚀变砂岩型和构造破碎蚀变岩型, 前者为本矿的主要工业类型。这两种类型的矿石又视其氧化程度的不同可分为氧化型和原生型矿石。I、II号矿带的矿体矿石以蚀变砂岩型为主, 较少见构造破碎蚀变砂岩型; III号矿体矿石主体为构造破碎蚀变岩型, 矿体主要位于断层的上盘, 离断层面愈远, 逐渐过渡到蚀变砂岩型矿石, 品位也随之降低。从矿石物质成分看, 两种矿化类型基本一致。

(1) 蚀变砂岩型矿石: 根据砂粒粒度的大小可分为中粗粒砂岩型、细粒砂岩型和粉砂岩型。品位最低为 $0.25 \times 10^{-6}$ , 最高为 $13.06 \times 10^{-6}$ , 平均为 $3.99 \times 10^{-6}$ 。原生的蚀变砂岩型矿石呈灰至灰黑色, 致密块状构造, 普遍具有浸染状或细脉浸染状黄铁矿化及强烈的硅化和粘土化现象, 砂屑主要为石英和长石, 石英多呈棱角、次棱角状或不规则状, 含量 $30\% \sim 35\%$ 左右; 长石主要是斜长石, 亦含有一定量的钾长石, 以棱角或次棱角状为主, 含量占 $25\% \sim 40\%$ 不等。此外还有少量云母类矿物如白云母、黑云母等的碎屑。胶结物主要由与碎屑同成分的物质组成, 主要为石英、长石及少量的云母类和粘土矿物, 其次为碳质、硅质或泥质。一些薄片中可见有凝灰质和火山玻璃质的胶结物, 部分火山玻璃已脱玻化。近地表的蚀变砂岩型矿石受氧化作用强烈, 氧化厚度 $3 \sim 5$  m。

(2) 构造破碎蚀变砂岩型矿石: 矿石以断层角砾岩为主, 角砾的成分主要是砂岩, 呈棱角状或次棱角状, 无定向性, 大小悬殊, 局部角砾具有可拼性。胶结物主要为石英(硅质)、黄铁矿和泥质等, 硅化强烈并呈致密块状。矿石品位最低为 $0.25 \times 10^{-6}$ , 最高为 $15.28 \times 10^{-6}$ , 平均为 $4.15 \times 10^{-6}$ 。

### 3.3 矿石成分

(1) 矿物成分: 通过矿石镜下观察及人工重砂的系统测定, 矿石中金属矿物含量很少, 占矿石总量的 $1.44\% \sim 1.95\%$ (见表1), 但种类复杂。主要金属矿物有: 黄铁矿、毒砂、闪锌矿、黄铜矿、方铅矿、辉钼矿、磁黄铁矿、磁铁矿、褐铁矿、石墨、白铁矿、铜锌镍合金(有待进一步研究)等。主要的贵金属矿物有自然金、银金矿、铜金矿、自然银等。脉石矿物种类也很丰富, 主要的脉石矿物包括石英、长石, 其次尚有方解石、绿泥石、重晶石、黑云母、白云母、绿帘石等和较多的粘土矿物, 主要成分是高岭石、伊利石和蒙脱石等。

表1 砂宝斯金矿矿石矿物成分测量结果(%)

Table 1. Mineral composition of ores from the Shabaosi gold deposit

矿石类型	黄铁矿	毒砂	褐铁矿	方铅矿	闪锌矿	黄铜矿	磁铁矿	辉钼矿
氧化矿	0.13		1.17	0.02	0.02	0.05		0.05
原生矿	1.21	0.20	0.40	0.08	0.01	0.01	0.10	
矿石类型	石英	长石	绿泥石	粘土矿物	石墨	碳酸盐	其它	合计
氧化矿	67.0	28.0			0.15	1.30	2.11	100
原生矿	52.5	23.2	11.30	7.50	0.30	1.20	2.05	100

注: 据武警黄金三支队, 1994

(2) 化学成分: 矿石的多元素分析结果如表2。由表2可见, 矿石氧化物成分以 $SiO_2$ 为主, 其次为 $Al_2O_3$ , 而 $MgO$ 、 $CaO$ 的含量很低, 且氧化矿石一般低于原生矿石; 在微量元素方面, 矿石中除Au外, 尚富集有一定量的Ag, 且其含量由深到浅逐渐升高, 该特点与国外多数金

矿相似<sup>[2]</sup>。但氧化矿石中 Ag 含量最高，却与一般金矿氧化带中 Ag 含量低的特点相反。

表 2 砂宝斯金矿Ⅱ号矿体蚀变砂岩型矿石多元素分析结果

Table 2. Analyses of altered sandstone type ores from No. II orebody of the Shabaosi gold deposit

矿石类型	采样位置	Au	Ag	Sb	Bi	SiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Cu
氧化矿石	地表	4.60	61.30	52.50	0.75	70.90	0.50	0.70	4
氧化矿石	地表	4.40	2.61	13.00	13.00	70.28	1.26	1.75	3
原生矿石 <sup>①</sup>	近地表	19.4	2.54			68.44	0.31	0.29	24
原生矿石 <sup>①</sup>	近地表	1.66	1.24			67.24	0.14	0.13	12
原生矿石	钻孔	7.09	1.00	12.30	0.11	67.50	0.76	1.08	4
原生矿石	钻孔	5.42	1.00	11.90	0.32	68.36	1.16	1.42	5
矿石类型	采样位置	Pb	Zn	Fe	S	As	C	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
氧化矿石	地表	13	12	2.35	0.08	0.42	0.15	12.57	
氧化矿石	地表	10	7	1.65	0.64	0.100	0.30	13.16	
原生矿石 <sup>①</sup>	近地表	91	50					15.19	
原生矿石 <sup>①</sup>	近地表	66	53					14.77	
原生矿石	钻孔	10	1	2.08	1.21	0.052	0.72	14.22	
原生矿石	钻孔	10	10	2.04	1.36	0.157	0.56	12.41	

①为黄金地质研究所1995年测试，其它据武警黄金三支队，1994；Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Sb、Bi单位为10<sup>-6</sup>，其它为%

### 3.4 矿石结构构造

(1) 矿石构造: 根据光薄片观察, 结合宏观特征, 按矿石中金属矿物特征、矿物集合体在矿石中的存在形式及其和脉石矿物的相互关系, 原生矿石可划分为以下构造类型: 浸染状或细脉浸染状构造、角砾状构造、团斑状构造、(网)脉状构造、束状或发状构造、霉球状构造。氧化矿石中还可可见有蜂窝状及晶洞构造, 风化严重者可可见土状构造等。

(2) 矿石结构: 结合光片观察, 根据矿石中金属矿物的结晶程度、晶形、颗粒大小及它们之间的彼此关系, 可划分出如下主要结构类型: 自形—半自形晶结构、他形结构、包含结构、共结结构、填隙结构、交代结构、碎裂结构等。

### 3.5 金矿物的嵌布特征及赋存状态

金矿物主要为自然金, 其次为少量的银金矿、铜金矿等。所有金矿物均以微细粒为主 (< 0.03 mm), 占92.02%, 中、粗粒金罕见。在原生矿石中, 金矿物的形态一般不规则, 呈麦粒状、长角粒状为主, 浑圆状次之, 而氧化矿石则以角粒状和尖角粒状等为主。

金在氧化矿石中嵌布形态以粒间金为主, 多嵌布在脉石矿物的粒间; 而在原生矿石中, 则以包裹金为主, 包裹矿物主要有石英、黄铁矿、毒砂等, 粒间金次之, 一般包裹金粒度相对较细, 而粒间金较粗大。

### 3.6 围岩蚀变

矿区围岩蚀变极其发育且各矿带蚀变特征相似, 最主要的有硅化、黄铁矿化、粘土矿化。其中硅化在区内广泛发育, 形成带状分布的致密坚硬的硅化砂岩, 或沿砂岩节理裂隙形成石英细(网)脉; 黄铁矿化是本矿最重要的矿化蚀变, 以细粒微细粒浸染状黄铁矿化为主, 局部呈脉状或团块状, 与脉状石英共生并显示多期次性; 粘土矿化在本矿区也特别发育, 在断层破碎带附近常形成较宽(可达20 m)的粘土矿化带, 在局部形成细粘土矿脉, 沿节理裂隙

分布。粘土矿物一般为长石蚀变形成, 也有部分为火山灰等蚀变形成。经 X 射线分析, 其主要矿物组分为高岭石、伊利石、蒙脱石等。

除以上蚀变外, 在矿区碳酸盐化、绢云母化、绿泥石化、石墨化、褐铁矿化等围岩蚀变也较为发育。其中石墨化在本矿较为独特, 常呈脉状或团块状产于矿化带中, 并与细粒黄铁矿共生, 局部有拉长定向现象。

在砂宝斯矿区围岩蚀变的分带特征较为明显, 一般按距离断裂面由近及远可分为泥化-粘土矿化带、硅化-黄铁矿化带、绿泥石-绢云母化带 (图2)。各带之间为渐变过渡的, 矿体主要赋存于硅化黄铁矿化带中。

### 3.7 成矿阶段及矿物共生组合

砂宝斯金矿矿石中存在一些细小石英脉(一般 $< 5\text{ mm}$ ), 根据野外观察及室内鉴定所掌握的细脉穿插关系及矿物标型特征, 将砂宝斯金矿床热液期划分为以下5个成矿阶段:

(1) 黄铁矿-石英阶段: 表现为相对较粗(2 mm左右)的石英、黄铁矿呈脉状穿插于砂岩之中, 该阶段黄铁矿自形程度高, 以 $\{100\}$ 晶形为主, 但含矿性差。

(2) 多金属硫化物-石英阶段: 主要金属矿物组合为黄铁矿、毒砂、黄铜矿、闪锌矿、白铁矿等, 是本矿床的主要成矿阶段。该阶段多金属矿物一般呈细粒浸染状分布, 与之相共生的石英呈团粒状或细脉状分布。

(3) 黄铁矿-石英-粘土矿物阶段: 表现为石英、黄铁矿及粘土矿物呈浸染状、脉状分布于矿石之中, 其中粘土矿物分布于脉体的边部, 而细粒黄铁矿分布于脉体的中心部位。

(4) 细粒黄铁矿-石英阶段: 表现为黄铁矿、石英呈细脉状穿切早阶段的细脉, 该阶段黄铁矿含量很少, 矿化也差。

(5) 石英-方解石阶段: 矿物组合为石英和方解石, 金属矿物少见, 为热液活动晚期产物, 不含矿。

## 4 矿床地球化学

### 4.1 流体包裹体地球化学特征

砂宝斯金矿区早中期细脉状石英中流体包裹体较多, 直径一般 $2\sim 5\ \mu\text{m}$ , 主要有气液包裹体, 室温下可见 $L_{\text{H}_2\text{O}}+V_{\text{H}_2\text{O}}$ 二个相态, 气液比一般为 $5\%\sim 10\%$ ; 三相包裹体, 室温下呈 $L_{\text{H}_2\text{O}}+L_{\text{CO}_2}+V_{\text{CO}_2}$ 三个相态, 其中 $(L_{\text{H}_2\text{O}}+V_{\text{CO}_2})/L_{\text{H}_2\text{O}}$ 一般为 $10\%$ 左右, 个别可达 $30\%$ ; 纯液相包裹体, 常温下仅见单一 $L_{\text{H}_2\text{O}}$ 相。而晚期细粒石英中包裹体较少, 个体也较小, 一般直径 $< 3\ \mu\text{m}$ , 且以单一液相包裹体为主, 气液包裹体极难见到。

对矿区石英脉(细脉)样品进行测试, 共测得26个均一温度值, 其范围从 $124.5\sim 284.5^\circ\text{C}$ 。所测流体包裹体全部均一为液相, 均一温度直方图显示为多峰型。结合镜下观察,  $250^\circ\text{C}$ 左右的峰与早阶段黄铁矿-石英脉的形成温度相吻合;  $200\sim 230^\circ\text{C}$ 间的峰与主成矿阶段的多金属硫化物-石英的形成温度相对应; 而 $130\sim 190^\circ\text{C}$ 间的峰与黄铁矿-石英-粘土矿物的形成温度相对应; 此外还有部分细小石英脉、石英-方解石矿脉中未发现有气液两相包裹体存在, 推测其形成温度应低于 $150^\circ\text{C}$ 。

因矿区内部分石英中含有三相包裹体, 所以可以用等值线法求压力<sup>[3]</sup>。根据前述测温结果



求得均一温度的均值为206.9℃,用冷冻法测得平均盐度5% NaCl,计算出流体的平均密度为0.910 g/cm<sup>3</sup>。从镜下统计出含CO<sub>2</sub>三相包裹体中CO<sub>2</sub>的体积百分数为15.8%,CO<sub>2</sub>平均密度为0.635 g/cm<sup>3</sup>,从而计算出成矿压力为40.9 MPa,对应的成矿深度为1.5 km。

流体包裹体成分分析结果表明,流体气相成分以H<sub>2</sub>O为主,其次为CO<sub>2</sub>(占7.1 mol%),而N<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>、CO等含量甚微。液相成分中阳离子以Ca<sup>2+</sup>、K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>为主,且Ca<sup>2+</sup> > K<sup>+</sup> > Na<sup>+</sup>,阴离子以SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、F<sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>为主,且SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> > F<sup>-</sup> > Cl<sup>-</sup>。

#### 4.2 同位素地球化学特征

对砂宝斯金矿区矿石中黄铁矿进行了铅同位素分析,总体而言,本矿区铅同位素测试数值较集中。其中<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb变化范围为18.1113~18.2914,<sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb为15.4589~15.5036,<sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb为37.9384~38.1339。反映矿区铅同位素组成较为均一、稳定。将砂宝斯矿区矿石铅同位素组成进行三维空间拓扑计算,结果表明,矿石铅同位素25 < V<sub>1</sub> < 50、25 < V<sub>2</sub> < 55。该特征与内蒙古西北部及黑龙江省东部铅同位素组成相似。同时,与中国东部火山岩所代表的幔铅相比较<sup>[4]</sup>,V<sub>1</sub>与V<sub>2</sub>变化范围及趋向十分接近,表明它们之间有相同或相近的物质来源。

矿区矿石中黄铁矿硫同位素组成测试结果表明,砂宝斯金矿硫同位素离散性较大(δ<sup>34</sup>S为-8.3‰~5.6‰),样品极差达13.9‰。均值为-1.4‰。王义文<sup>[5]</sup>在研究了中国金矿床硫同位素资料后指出,当有大气降水参与成矿作用时,矿石硫同位素组成发生巨大变化,以富<sup>32</sup>S和离散性大为特征,据此可以认为砂宝斯金矿硫同位素组成特征可能与该矿成矿较浅且有大气降水参与有关。

矿石中细小黄铁矿石英脉中石英氢氧同位素分析结果表明,δ<sup>18</sup>O<sub>石英</sub>为1.6‰~1.8‰,δD为-115‰~-118‰,计算获得的δ<sup>18</sup>O<sub>H<sub>2</sub>O</sub>为-9.6‰~-9.4‰。该特点明显不同于我国其它地区金矿床,而与美国西部众多的第三纪、第四纪贵金属矿床中流体氢氧同位素组成相似(O Neil, 1974<sup>[7]</sup>; W E Shane, 1997<sup>[8]</sup>)。通过对比,可以认为与岩浆-构造活动有关的以天水为主的热液系统是形成这类矿床的成矿流体。

在砂宝斯矿区,无论是侏罗纪地层中还是石英黄铁矿细脉中都可见到碳质。本次分别对侏罗系砂岩中碳质页岩及细脉状石墨作了碳同位素组成分析,侏罗系碳质页岩中沉积碳δ<sup>13</sup>C为-21.1‰,与近代沉积物中有机质碳的δ<sup>13</sup>C值(主要分布在-20‰~-27‰,Eckelman, et al, 1962; Shultz and Calder, 1976)<sup>[6]</sup>相吻合。而细脉状石墨δ<sup>13</sup>C值(21.1‰)与碳质页岩一致,反映成矿热液中的碳完全来自于地层本身。另外,通过镜下观察,矿石中许多脉状石墨与黄铁矿共生,从而也证实了侏罗系砂岩中的碳质及成矿物质在成矿过程中发生过活化迁移。

综上所述,砂宝斯金矿产于侏罗系砂岩中,地层对矿化有一定的控制作用。NS向断层为矿体的赋矿构造,它分别控制了陡倾及缓倾矿体。而侏罗纪及以后频繁的岩浆-构造活动可能为成矿提供了热源、赋矿空间及部分成矿物质。成矿流体是以天水为主的中低温热液。

#### 参 考 文 献

- 1 弗格克留科夫. 黑龙江沿岸地区中生代成矿作用的时空状态. 翟润田译. 黑龙江有色金属地质, 1994, 17 (1~2): 72~83.

- 2 R W 博伊尔. 金的地球化学及金矿床. 马万均, 王立文等译. 北京: 地质出版社, 1984, 294~ 308.
- 3 卢焕章. 科学技术成果报告 (矿物中包裹体研究). 北京: 科学技术文献出版社, 1980, 44~ 47.
- 4 朱炳泉. 矿石 Pb 同位素三维空间拓扑图解用于地球化学省与矿种区划. 地球化学, 1993, 22 (3): 209~ 216.
- 5 王义文. 中国金矿稳定同位素地球化学研究. 贵金属地质, 1988, 1 (3~ 4): 13~ 31.
- 6 G. 福尔. 同位素地质学原理. 潘曙兰译. 北京: 科学出版社, 1983, 156~ 177.
- 7 O Neil J R. Stable isotope relations in epithermal Au-Ag deposits. Econ. Geol., 1974, 69: 902~ 909.
- 8 Shane W Ebert. Secondary precious metal enrichment by steam-heated fluids in the Crofoot-Lewis hot spring gold silver deposit and relation to paleoclimate, Econ. Geol., 1997, 92: 578~ 600.

## GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE SHABAOSI ALTERED SANDSTONE TYPE GOLD DEPOSIT IN NORTH DA HINGGAN MOUNTAINS

Qi Jinzhong

(China University of Geosciences, Beijing 100083)

Li Li and Guo Xiaodong

(Gold Geological Institute, Gold Headquarters of MMI, Langfang 065000)

**Key words:** Da Hinggan Mountains, Shabaosi gold deposit, altered sandstone, geological characteristics

### Abstract

The Shabaosi gold deposit in Mohe County, Heilongjiang Province, is a large altered sandstone type gold deposit with an average grade of  $4.02 \times 10^{-6}$ . Three ore belts discovered in the deposit all occur in Jurassic sandstone rather than in the underlying Devonian limestone and Proterozoic marble. Two kinds of orebodies, one steeply and the other gently dipping, are respectively controlled by steeply dipping and gently dipping NS-trending faults. Gold ores that contain minor sulfides can be classified into altered sandstone type (major type) and structurally fractured and altered sandstone type. Native gold from the ores is mainly micrograined. Besides silicification and pyritization, argillation is an important type of wall rock alteration distributed extensively in the gold ore field. Fluid inclusion studies show that the temperature of the ore fluids ranges from 130°C to 250°C, fluid salinity is 5% NaCl and ore-forming pressure is 40.9 MPa. H, O isotopic analysis indicates that the ore fluids are mainly composed of meteoric water. Divergent  $\delta^{34}\text{S}$  values of pyrite probably suggest that the deposit is a shallow-seated one. The Pb isotope composition of pyrite, similar to that of volcanic rocks in eastern China, shows that the formation of the deposit is probably related to the magmatic (volcanic) activity in middle Jurassic or later.