

丹东四道沟金矿控矿构造及找矿方向

李天白

(沈阳有色冶金设计研究院)

江克一

(东北工学院)

四道沟金矿赋存于辽河群盖县组中部岩性段的浅粒岩与少量片岩组成的互层带中,金矿化严格受层控。矿石矿物为石英和黄铁矿。金矿化受回曲构造控制,矿体主要产于次级倾向褶曲的核部。燕山期的韧性剪切变形切割破坏了金矿体。金矿化发生在吕梁期。该矿床为变质热液—混合岩化热液矿床。研究倾向褶曲是指导找矿的关键。

关键词 四道沟金矿床 层控 回曲构造 脆—韧性剪切带

矿区地质概况

四道沟金矿位于华北地台辽东台背斜、营口—宽甸古隆起的南部。区域出露地层主要是辽河群变质岩系,上覆震旦系和侏罗系。吕梁期混合花岗岩及燕山期花岗闪长岩出露于区域北部的六道沟—五龙金矿一带。区域矿产丰富(图1)。

1. 地层

出露地层主要是辽河群盖县组。该组在本区分为3个岩性段,即①上部片岩段(Pt_1^3),由黑云母片岩、二云母片岩及绢云母片岩组成,厚200~300m;②中部浅粒岩段(Pt_1^2),由石英岩、长石石英岩、浅粒岩及少量的石英片岩和云母片岩组成,厚300~700m,是金矿体的赋存部位;③下部片岩段(Pt_1^1),以黑云母片岩、绢云母片岩为主,夹有石墨透闪岩透镜体,厚100~300m。

盖县组与上覆地层震旦系、侏罗系呈角度不整合接触,与下伏的大石桥组呈整合接触。

2. 构造

吕梁及燕山旋回的构造变形,对本区影

响最大。形成于吕梁期的褶曲构造,其轴向

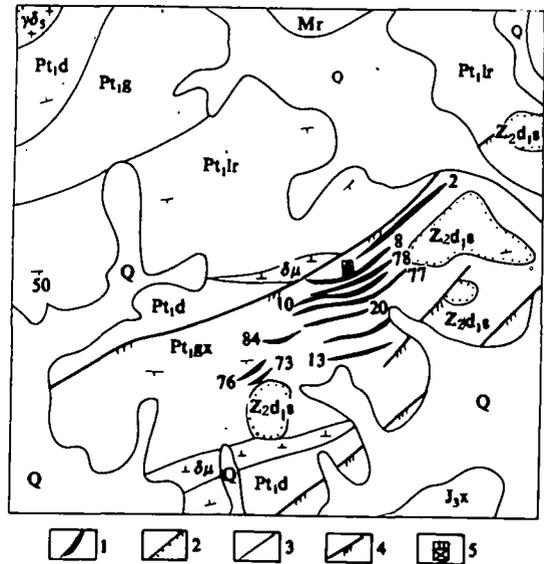


图1 四道沟矿区地质略图

(据许民权, 1988)

Pt_{1lr} —辽河群里尔峪组; Pt_{1g} —辽河群高家峪组; Pt_{1d} —辽河群大石桥组; Pt_{1gx} —辽河群盖县组; Z_{2d1s} —震旦系钓鱼台组; J_{3x} —侏罗系小东沟组; Q —第四系; Mr —混合花岗岩; $\gamma\delta_5$ —燕山期花岗闪长岩; $\delta\mu$ —闪长岩脉; 1—矿化带及其编号; 2—不整合地质界线; 3—地质界线; 4—压扭性断裂; 5—竖井

本文1991年9月收到, 1992年11月改回。侯庆有编辑。

在矿区西部近东西，在矿区东部近北东，构成本区构造线的总体轮廓。燕山期的断裂构造在本区很发育，多为北东向、向南东倾斜的逆断层。沿断裂带常有脆—韧性剪切带分布。

3. 矿区的岩石

主要有石英岩类、浅粒岩类、石英片岩类、云母片岩类及糜棱岩类。坑内最常见的岩石是石英岩、长石石英岩、黑云母石英岩及浅粒岩。这些岩石多呈巨厚—厚层状，常夹有少量的云母石英片岩、云母片岩。浅粒岩中的主要矿物为石英、长石，次要为黑云母、白云母、绢云母、绿泥石及矽线石。岩石具粒状变晶结构，但由于强烈的退变质及围岩蚀变，岩石常有变余砂状结构的假象。因此，以前浅粒岩类和石英岩类岩石被统称为变质长石石英砂岩，或简称为变质砂岩，并把盖县组的变质相定为绿片岩相。实际上浅粒岩类和石英岩类，是盖县组中部层位，其上、下盘岩石均是云母片岩类及石英片岩类。这些片岩类岩石的典型矿物组合为石英、长石、黑云母、白云母、矽线石及石榴石，其变质相属中级角闪岩相。这样看来，四道沟金矿赋存于中级角闪岩相的盖县组浅粒岩段中。

糜棱岩类岩石主要分布在断裂带附近及脆—韧性剪切带内，包括初糜棱岩、糜棱岩及少量的超糜棱岩。以前这类岩石被当成石墨片岩、石墨化薄层变质砂岩，并作为一个地层层位进行构造及矿床学研究。由于糜棱岩类岩石在区内分布凌乱、产状复杂，将其作为一个地层层位进行构造分析，必然会使矿区人为地复杂化。

4. 混合岩及岩浆岩

吕梁期混合花岗岩出露于矿区东部的六道沟一带。燕山期的煌斑岩脉及闪长玢岩脉在矿区很常见，这些岩脉多属顺层侵入的脉岩。坑内常见煌斑岩脉卷入脆—韧性剪切带中，被剪切拉断，或被片理化，可见其侵入

于脆—韧性剪切变形之前。

矿床地质

四道沟金矿床赋存于盖县组中部岩性段中，主岩是以浅粒岩为主的中级变质岩系。金矿体由成矿热液对主岩强烈地选择性交代形成，属含金蚀变岩型金矿床。金矿化严格受岩性层控，矿体的空间赋存规律与成矿主岩的分布相一致，因此控制矿体的构造实际上就是控制岩层分布的构造。由于矿体是主岩受强烈交代后形成的，矿体的围岩间呈逐渐过渡，矿体的圈定靠其品位。由品位圈出的工业矿体和实际地质矿化体的产状及形态差异是相当大的。地质矿化体和围岩产状是一致的，工业矿体则形态复杂，有囊状、鸡爪状、透镜状及脉状等，规模多以中、小型为主。总体上看，工业矿体因受一定的含矿层位控制，其产状和围岩基本一致。

矿石的矿物组合简单，主要由石英和黄铁矿组成，矿石多属浸染状构造。成矿作用分两个主要的成矿阶段。第一阶段为含金多金属硫化物阶段，是金的主要成矿期，其矿物的生成顺序为：磁黄铁矿、毒砂—黄铁矿—黄铜矿、自然金。脉石矿物以石英为主。第二阶段为碳酸盐阶段，形成了一些含金的白云母、方解石脉，其矿物组合为白云石、方解石、石英、黄铁矿、黄铜矿及自然金。这种碳酸盐脉因分布零散、规模较小，没有单独开采价值，通常在开采蚀变岩型金矿体时顺便采出回收。

四道沟金矿床地质特征可以概括为：矿床严格受层控；矿体形态复杂、规模小至中等；矿石矿物组合简单；成矿的多期性不明显；围岩蚀变强烈。

回曲构造及其对金矿化的控制

从图1看，矿区的构造线大致呈以竖井为中心、向南凸出的弧形弯曲，前人称“竖

井背斜”，认为其 B 轴向南倾伏。

在坑内进行构造研究比较困难，因为岩层多为巨厚层、厚层状，片理不明显，肉眼难以辨认，而且坑内没有良好的标志层。在坑内工作中，笔者首先以 5 中段为主进行系统的岩石学研究，借助于 500 余件标本和 100 余件光、薄片，基本查明了各类岩石的岩石学特征，并在此基础上进行地层学研

究。然后再研究金矿体的矿床地质特征，查明赋矿主岩及其围岩蚀变特点。再以矿山坑道地质编录图为底图，追索矿体及矿化带，详细测量各种地质体的产状，并把工作成果缩编成中段平面地质图（图 2、图 3）通过详细的构造研究，笔者认为四道沟金矿的控矿构造是回曲构造（江克一，1978、1985；李天白，1991）。

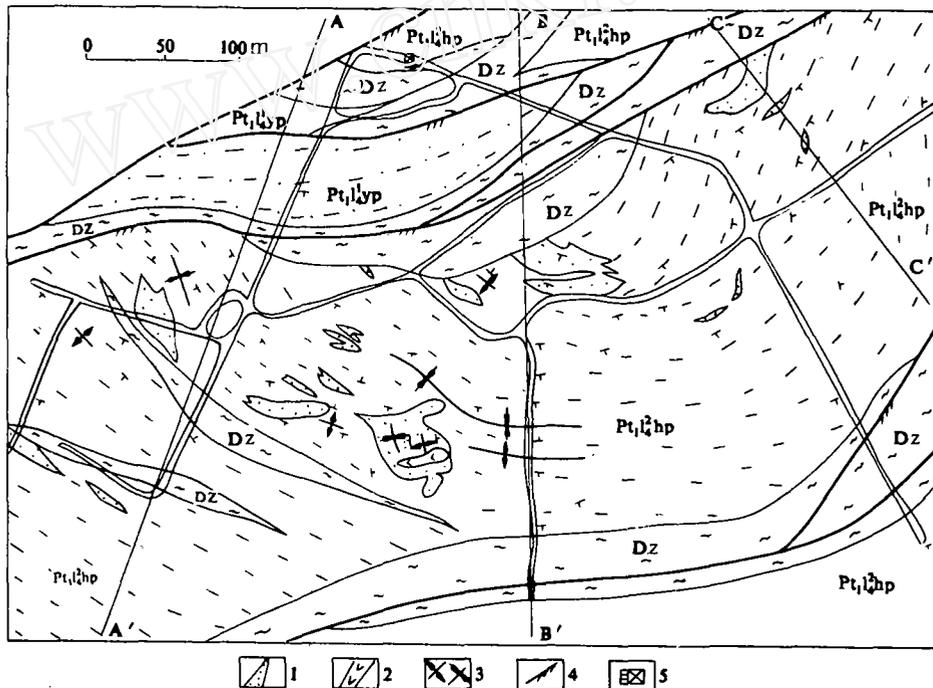


图 2 四道沟金矿 5 中段平面地质图

Pt₁lhp—盖县组浅粒岩段；Pt₁lyp—盖县组云母片岩段；DZ—脆-韧性剪切带；1—矿体；2—煌斑岩脉；3—走向褶曲轴迹；4—压扭性断裂；5—竖井

回曲构造是早前寒武纪基底面状活化作用形成的一种特征性的褶曲叠加构造（江克一，1987）。

在早前寒武纪变质岩系中，影响岩层分布的褶曲构造主要有两期。早期褶曲称走向褶曲，其 B 轴大致水平并与褶曲岩层的走向一致。晚期褶曲称倾向褶曲，其 B 轴是倾伏的，并与被褶曲岩层的倾向一致。倾向褶曲叠加在较紧闭的走向褶曲之上，便组成了回曲构造。回曲构造最直观的标志是在平面上走向褶曲轴或构造线随倾向褶曲的发育

而弯弯曲曲。产在早前寒武纪变质岩系中的层控矿床，其控矿构造大都是回曲构造，倾向褶曲往往直接控制了矿床的空间分布。研究倾向褶曲的形态、准确地测定出倾向褶曲 B 轴产状，对指导找矿勘探及生产探矿具有重大的理论及实践意义。

矿区内走向及倾向褶曲均很发育。走向褶曲的规模较小，比较紧闭；倾向褶曲的规模较大，比较开阔。5 中段西部，岩层由走向近南东、倾向南西；向东逐渐变为走向南南、倾向东，然后又转为走向南东、倾向南

西。构造线呈反“S”形弯曲，且称之为西部倾向褶曲。其褶曲轴迹近北东，轴面倾向南东，枢纽向南东东倾伏，倾伏角 40° 。走

向褶曲在该处比较发育。77-2号金矿体产在西部倾向褶曲核部（见图2、图3）。

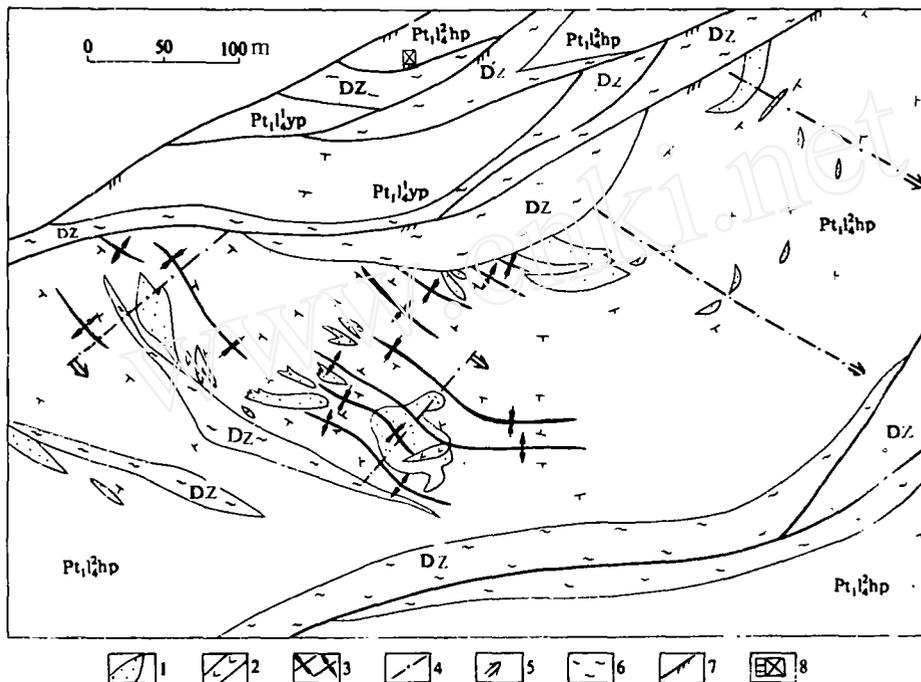


图3 四道沟金矿与中段构造纲要图

1-矿体；2-煌斑岩脉；3-走向褶曲轴迹；4-倾向褶曲轴迹；5-倾向褶曲枢纽产状；6-脆韧性剪切带；7-压扭性断裂；8-竖井（其余图例同图2）

在5中段中部，走向褶曲相当发育。构造线由近南东向转为近北南向，而后又转为近东西向，又构成一个反“S”形弯曲，且称之为“中央倾向褶曲”。其核部赋存有77-3号金矿体，轴迹近北东，轴面倾向南东，枢纽向南东东方向倾伏，倾角约 40° 。

曲。竖井倾向褶曲由西部倾向褶曲、中央倾向褶曲及东部倾向褶曲3个次一级倾向褶曲组成。其轴迹南东东，轴面倾向北北东，枢纽以 40° 角向南东东倾伏（图4）。

在5中段东部，走向褶曲不发育。岩层走向由近东西转为近南北，再逐渐变为北北东，构成一个“S”形弯曲，且称之为“东部倾向褶曲”。其轴迹南东东，轴面倾向北北东，枢纽向南东东方向倾伏，倾角 40° 。78号矿脉带主要产在东部倾向褶曲中。

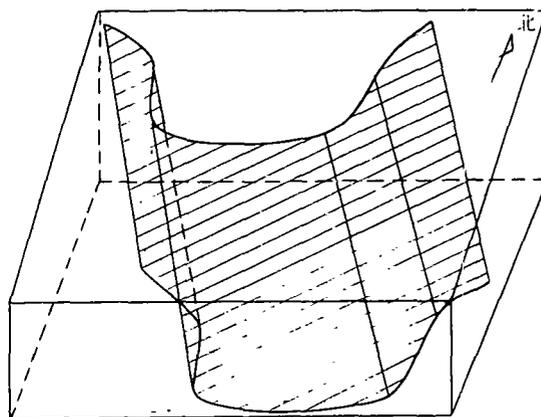


图4 竖井倾向褶曲示意图

四道沟金矿床最大的两个矿脉群——77

6中段与5中段的构造很相似，西部倾向褶曲被破坏，东部倾向褶曲及中央倾向褶曲形态完整，其枢纽依然向南东东方向以 40° 角倾伏。

总之，在平面图上岩层呈倒“Ω”形弯

及 78 号脉, 均产在竖井倾向褶曲的核部, 而且矿体明显集中于 3 个次一级倾向褶曲的核部。由于竖井倾向褶曲的枢纽以 40° 角向南东方向倾伏, 致使金矿体或矿脉带也随之以 40° 角向南东侧伏。回曲构造揭示了矿体侧伏分布现象的本质。

脆—韧性剪切变形及其 与金矿化的关系

脆—韧性剪切变形在矿区的主要特征是宏观上岩石的片理化及微观上岩石的糜棱岩化。前者表现为岩石中新生的糜棱面理 S_m 程度不等发育, 后者表现为岩石中矿物颗粒的细粒化及糜棱结构程度不同地发育。脆—韧性剪切变形在断裂附近明显集中发育, 矿体出现在 F_2 、 F_3 两大断裂带上下盘展布的脆—韧性剪切带中。剪切带内以初糜棱岩为主, 发育有小规模的以 S_m 为变形面的褶曲。剪切带走向近北东, 倾向南东, 倾角 $30^\circ \sim 40^\circ$ 。矿区内的几条断裂均属逆掩断层。震旦系石英岩逆掩推覆于盖县组之上, 邻近接触带的盖县组岩层受强烈剪切多形成了规模可观的糜棱岩带。因此可以断定区内的脆—韧性剪切变形是伴随着逆掩推覆而发生的。

脆—韧性剪切带以对矿体起破坏作用为主。剪切带明显切割矿体及含矿层, 剪切带外缘的矿体程度不等地片理化。同机械破坏作用相比, 脆—韧性剪切变形对矿体的化学改造是微不足道的。矿区几条较大的剪切带内, 金矿化十分微弱。剪切带内结晶粗大的黄铁矿细脉沿 S_m 分布很常见, 但不含金。剪切带内局部地段往往因含黄铁矿脉残留体的存在而含金较高。另外, 剪切带切割矿体或矿化带时, 其含金品位增高, 甚至可达工业品位。如 5783 沿脉附近, 剪切带切割了 78—3 号脉, 糜棱岩含金在 $0.5 \sim 2\text{g/t}$ 则很常见。镜下研究表明, 含金糜棱岩中, 含金黄铁矿在残留片岩中呈自形或半自形晶。而

在糜棱面理域黄铁矿被破碎成细粒状或粉末状, 形成了糜棱基质。这表明糜棱岩中的 Au 是从原岩中继承下来的, 脆—韧性剪切变形中成矿元素没有发生大规模物理的或化学的迁移作用, 多以原地改造为主。因此, 脆—韧性剪切变形发生在金矿化之后, 与金矿化无成因关系。

矿床成因及找矿方向

1. 矿床成因

以前, 四道沟金矿床被认为是燕山期构造岩浆活动及成矿作用的产物。从矿物组合以及成矿温度看, 热液活动不具备岩浆热液的多期多阶段演化特点, 这同早前寒武纪层控金矿床的一般基本特征是吻合的。

从构造角度看, 矿区主要经历了吕梁旋回及燕山旋回的构造变形作用。燕山期的构造变形对金矿床起破坏作用, 金矿床受吕梁旋回的回曲构造控制。从矿体构造看, 区内不存在褶曲鞍状剥离空间、层间剥离破碎带及其他裂隙构造等弹塑性变形构造控制的矿体。因此, 成矿时岩层仍处于塑性流变状态, 即成矿作用与控制构造的形成是密切相伴, 属同一旋回的, 四道沟金矿床形成于吕梁期。从矿床学及控矿构造方面看, 该矿床是一个形成于吕梁期的变质热液—混合岩化热液矿床。以下是该金矿区可能的地质演化序列:

(1) 早元古宙 ①辽河群沉积; ②区域变质作用及走向褶曲形成期; ③混合岩化作用及倾向褶曲形成期、退变质作用期; ④变质热液—混合岩化热液活动期, 形成四道沟金矿床。

(2) 中元古宙—古生代 没有大规模的构造岩浆活动及成矿作用。

(3) 中生代 ①侏罗系火山岩堆积; ②岩浆活动期, 脉岩侵入; ③断层逆掩推覆活动及脆—韧性剪切变形期, 局部有金的活化。

2. 找矿方向

以前人们认为四道沟金矿床是由大致向南倾伏的竖井背斜控制, 勘探工程大多沿北北东方向布置。由于矿体向南东东侧伏, 矿体小而形态复杂, 致使探矿多为单工程单剖面见矿。从 1964 年起, 地勘部门在矿区共施工 215 个钻孔, 总进尺 6 万余米, 用 50m × 50m 网度累计探明提交的 D 级矿石量为数十万吨, 勘探效果不理想。截至 1989 年底, 矿山累计探明工业储量百余万吨, 表明矿区的资源潜力很大, 但经 20 多年的开采, 现在矿山的后备资源不足。因此, 研究该区的控矿构造用以指导生产探矿, 有重大的理论及实践意义。

四道沟金矿床是由回曲构造控制的, 对成矿有利的岩层是盖县组中部岩性段浅粒岩与其他岩类组成的互层带。因此找矿工作应以有利岩层的回曲构造发育部位为重点, 首

先要做细致的岩石学及地层学工作, 以查明含矿层位的岩石学特征及空间分布, 对矿区进行回曲构造填图, 以指导找矿。

前已述及, 金矿体在竖井倾向褶曲的次一级倾向褶曲的核部呈集中趋势, 倾向褶曲轴以 40° 角向南东倾伏, 且很稳定。四道沟金矿有很大的深部找矿远景, 应根据矿体的侧伏规律开展深部找矿。坑内应根据回曲构造形态对含矿层位进行追索, 结合围岩蚀变特征进行找矿。在矿区外围应该对含矿层位的回曲构造发育部位进行重点找矿。

笔者在野外工作中, 得到许民权高级工程师大力支持, 在此特致衷心的感谢。

参考文献

- [1] 江克一, 地质与勘探, 1978 年, 第 3、4 期。
- [2] 江克一, 辽宁地质学报, 1985 年, 第 1 期。
- [3] 沈阳地质矿产研究所, 《中国金矿主要类型区域成矿条件文集》, 地质出版社, 1988 年。

Ore-controlling Structure and Ore-hunting Guideline of the Sidaogou Au-deposit, Dandong, Liaoning

Li Tianbai Jiang Keyi

The Sidaogou Au-deposit occurs in the interclated zone which consists of mainly leptite and a small amount of schist and is located at the central part of Gaixian Formation of Liaohe Group, with gold mineralization strictly controlled by the strata. Ore mineral assemblage is quartz and pyrite. Ore bodies, controlled by Omega structure, situate at the core of the secondary tilted fold, and have been broken up by ductile shear deformation at Yanshanian Period. The gold deposit, formed at Luliang Period, is recognized as metamorphosed-hydrothermal and migmatized-hydrothermal type. Tilted fold study is the key to guide the ore exploration.