

四道沟金矿成矿模式的初步研究

李 力

(矿床教研室)

摘要: 本文对四道沟金矿的区域地质, 矿区地质及矿床地质特征做了论述, 并从地层、构造、变质及火成活动等方面对矿床的成因做了分析, 以此建立了成矿模式。

辽东半岛的广大地区, 广泛分布有数以百计的金矿床和矿(化)点, 其中规模较大的有五龙金矿和四道沟金矿, 其余多不成形。因此, 研究它们的成矿地质特征, 建立成矿模式, 对于寻找规模较大的金矿床有着重要的实际意义。(1)。

一、矿区地质及矿床地质特征

1. 矿区地质

四道沟金矿位于辽东台背斜, 营口—宽甸古隆起的南部边缘, 鸭绿江断裂西侧2000m宽的挤压断裂带中。区域上出露的地层有太古宙鞍山群的混合变粒岩, 元古宙辽河群的变质岩, 震旦系钓鱼台组的砾岩、石英岩、变质砂岩、千枚岩等。另外还有中生界侏罗系的火山碎屑岩(主要为凝灰质砂、页岩等)。

矿体主要赋存在辽河群上部的盖县组变质岩中, 严格地被矿区内发育的竖井背斜两翼及转折端的层间破碎带所控制。

矿区内各种构造极为发育, 在早期的东西向, 北东向构造的基底上, 叠加了晚期的新华夏系构造(2)。

矿区内火成岩不太发育, 仅在矿区的南部和北部发育有辉绿玢岩脉和煌斑岩脉等。矿区外围则发育有混合花岗片麻岩和燕山期侵入体。

该矿区金矿化类型有三种: 即含金蚀变破碎带、含金硅化大理岩和含金石英脉。其中以含金蚀变破碎带为主, 其余类型尚未发现有成形的工业矿体。

2. 矿床地质特征

赋存矿体的辽河群盖县组地层主要由云母片岩段、含碳凝灰质砂岩段和变质砂岩段组成。金矿体一般赋存在岩性变化大, 尤其是薄层变质砂岩和片岩接触的部位; 含碳质较高的片岩中; 小褶皱发育的地段; 不同方向构造形迹迭加的部位; 有黄铁矿体或含有黄铁矿的石英脉发育的地段; 蚀变较强及不同期次黄铁矿与其它蚀变迭加的部位等。在两种岩性如片岩和薄层变质砂岩的互层带中, 更是金矿体赋存的有利空间。

具工业价值的蚀变破碎带中型矿体主要分布在矿区中部, 受近南北向发育的向南南东方

向倾伏的竖井背斜控制,该背斜的扬起端已被严重破坏而风化剥离,部分矿体直接出露地表,主要矿体目前已知有26个,次要矿体近百条。矿体分布呈成群成带状出现,依据矿体的空间组合可把它们分布为2、8、13、77、78等几个主要矿化带。尤以8、77、78号矿化带中工业矿体最多。

矿化带主要由蚀变带组成,长短不一,宽窄不同。规模最大的77号矿化带长达600余米,宽10~80m不等,延深达500余米,其中工业矿体达8条之多。最小的矿化带长不过数十米,宽仅数米,无工业矿体赋存。一般的矿化带长在100—400m之间,宽数米至数十米。

矿化带中单个工业矿体,最长达120m,最短仅几米,一般为30—50m不等,最宽为45m,窄者仅0.5m,一般在2—8m之间。



图1 矿化带中矿体形态图(四中段)

(见图2)。

矿体内矿物组合较简单,金属矿物以黄铁矿为主,另有少量磁黄铁矿、白钨矿、黄铜矿、方铅矿、毒砂等;脉石矿物主要为石英、绢云母。矿石组构主要为浸染状,块状和角砾状等。另外部分地段还见有一些变余的层理和变斑结构等。

自然金大部分赋存在黄铁矿裂隙中或其边部,少数赋存在黄铁矿与石英的接触部位,属微粒金,其形态多为片状、枝状、条状、粒状及不规则状等,其粒径多在0.003—0.007mm之间,为含银自然金。

矿区内围岩蚀变极为发育,主要蚀变类型为黄铁矿化、绢云母化、硅化、碳酸盐化;

从矿体中心向外,依次排列有黄铁矿化、硅化、绢云母化和碳酸盐化。金的品位随蚀变类型的不同而呈现有规律的变化。在蚀变晕发育较好的环带中,中心部位的致密块状黄铁矿化带,金的品位一般在100—300g/t之间,最高地段达1100g/t;在硅化和黄铁矿化同时出现的过渡带上,金的品位高达20g/t以上;硅化带中(含有少量黄铁矿化)金的品位往往在8

矿体主要分布在竖井背斜倾伏端两翼附近层间破碎带中,形态较复杂,多数矿体以似层状、扁豆状为主,另有脉状、巢状、囊状、不规则状矿体等(见图1)。部分矿段的矿体随同围岩一起褶皱,形成鞍状、揉皱状矿体等。除以上几种矿体形态外,局部地段见有切穿似层状矿体的脉状矿体——即晚期脉状矿体(二次脉体)。矿体大多数为隐伏状,受倾伏背斜的影响,在剖面上呈现前侧列形式侧状,侧状角40—90°不等

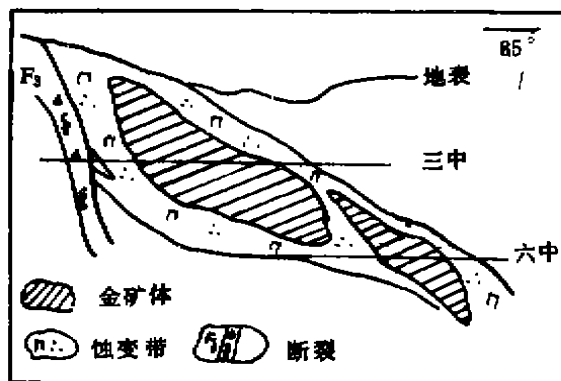


图2 78脉矿体的侧状现象
(矿体正投影图)

—15g/t 之间, 绢云母化带中 (部分地段含有稀疏浸染黄铁矿化和少量硅化), 金的品位多为 1—5 g/t; 最外带的碳酸盐化蚀变晕中, 金的品位低于 1 g/t。

二、成矿地质条件分析

1. 地层对矿体的控制作用

矿床内所有矿体, 均被辽河群盖县组变质岩系所控制, 据原岩恢复结果³⁾, 表明该岩系为一套正常的浅至滨海相沉积夹有火山碎屑或火山灰的沉积岩系, 该岩系中普遍含有细粒浸染状黄铁矿和石墨, 各种层理, 微层理较为发育。区域化探结果表明: 该层位中含有高于克拉克值数倍的金, 其上段平均金含量为 25.3ppb (44个样品, 据辽宁有色地质103队)。矿体的直接围岩为含碳质较高的凝灰质千枚岩段和薄层的变质砂岩。

根据对含矿地层和矿石所做的光谱半定量分析结果可知: (见表 1), 矿石的成分, 特别是某些组成元素的类型和含量, 与上下盘围岩的成分具有很大程度上的相似性和依赖性, 例如, 赋存 13号矿体的变质砂岩的 Cu、Pb、Ti、Mn 含量相对较高, 则 13号矿体中亦相应较高。含矿地层与矿体中某些元素的类型、含量的相似性反映出同期沉积的某些元素在

矿石及围岩光谱半定量分析结果表

表 1

项目 样号	Cu	Pb	Ag	B	Mo	Ni	Cr	Co	Mn	Ni	V	产 状
1	500	400	30	15	4	230	15	100	300	300	1.5	13号矿脉
2	100	25	0.3	250	3	25	35	20	300	600	40	13号脉上盘围岩
3	100	30	0.3	35	10	65	35	30	230	900	40	13号脉下盘蚀变岩
4	30	20	0.3	50	7	25	50	15	300		90	77脉上盘岩石
5	40	20	3.2	30	4	45	45	2.5	500	900	40	77号矿体
6	30	15	0.3	15	4	20	20	20		400	20	77脉地表蚀变岩
7	50	25	0.3	25	3	20	50	20	300		70	79脉
8	80	20	1.0	50	25	40	100	20	350		120	79脉围岩
9	30	15	0.3	30	3	20	25	1.5	300	800	20	变质砂岩

单位: ppm

后期的变质和改造过程中在不同的地质体中的再分配特征,从宏观现象来看:各类矿体(脉状、巢状、似层状不规则等)均被限制在盖县组地层内,切层的脉状矿体亦在此范围内,因此可以断定:盖县组变质岩系不仅是矿体的赋存层位,而且亦为成矿物质的主要矿源层。

2. 变质作用及岩浆活动对矿体的影响

金从矿源层中活化出来,迁移富集到最终定位,其主要动力条件是发生在元古代末期的吕梁运动和中生代晚期的燕山运动。

元古代晚期的吕梁运动使本区含矿岩系遭受了区域变质。(据K—Ar法测定,变质年龄为10亿年左右)该期运动使本区遭受了南北向的压应力作用,形成了以东西向为主的基底构造。变质作用则为矿源层中的成矿物质的活化迁移提供了足够的动能,同时形成具有一定温度、压力、挥发份及易溶物质的流体——变质热液。当热液从其原位上活化出来流经含金层位时,即使得其中的金本身的自由能升高,与热液中的某些组分形成一些易溶络合物^[4],在压力的作用下,随同流体一起迁移,在温度、压力相对较小的空间如断裂破碎带、层间断裂、小褶曲的鞍部等部位停留下来,主要以交代的方式形成矿体,另一部分含矿流体则沿层间裂隙或层面迁移,形成浸染状矿体。

中生代末期的燕山构造运动对本区矿体亦进行了改造,特别是外围中酸性岩体的侵位使得这期构造对矿体的影响更为明显,矿区距最近的燕山期侵入体不足10km,二者空间上无明显联系,但从矿区内所赋存的“二次脉状矿体”形态来看,它们应为岩浆侵位时带来的热能加热了地下水(或许加有少许岩浆热液)而对矿体进行了重新改造的产物,矿石中的同位素年龄证实了这一点。

3. 地质构造在矿体形成中之地位

本区经历了多次地质构造作用的影响,但对矿床影响较大的当为元古代末期的吕梁运动和中生代末期的燕山运动。

元古代末期的吕梁运动一方面导致了区域变质作用的产生,另一方面则产生了以褶皱为主的東西向构造,白房子背斜和铜矿岭向斜即为此运动的产物。控制矿体形成的竖井背斜及与其平行的一组褶皱则为叠加在东西向构造上的后期构造。根据矿区的这些构造形迹分析:吕梁运动后期,本区的构造应力场方向由南北向压应力变为近东西向的一组剪切应力,该组应力形成的构造形迹不大明显,受原东西向构造形迹的限制,仅在东西向构造的基底上形成了近南北向的次级构造。两种不同方向构造形迹的交汇处则表现为明显的层间剥离带,即低压区,这就为变质热液的赋存提供了很好的通道和赋存空间,在矿体形态上则表现为显著的膨大之现象(见图3)。

燕山期及以后的构造活动一方面导致了岩浆的侵位,另一方面则形成了以北东向为主的各级断裂,鸭绿江断裂和矿区内的F₁、F₂、F₃、F₄断裂及少量北西向的断裂即为此期的产物。在形成序次和规模上,虽有早晚和大小之分,但它们无一例外地均对矿体起了一定的破坏作用,少量断裂则为燕山期形成的热液提供了通道和赋存空间(如F₃断裂)。新构造运动使本区地势抬升,并改造继承了矿区的北东向构造,由于风化作用的影响,使得部分埋藏较浅的矿体遭受风化、侵蚀而破坏,使部分蚀变带直接暴露地表。

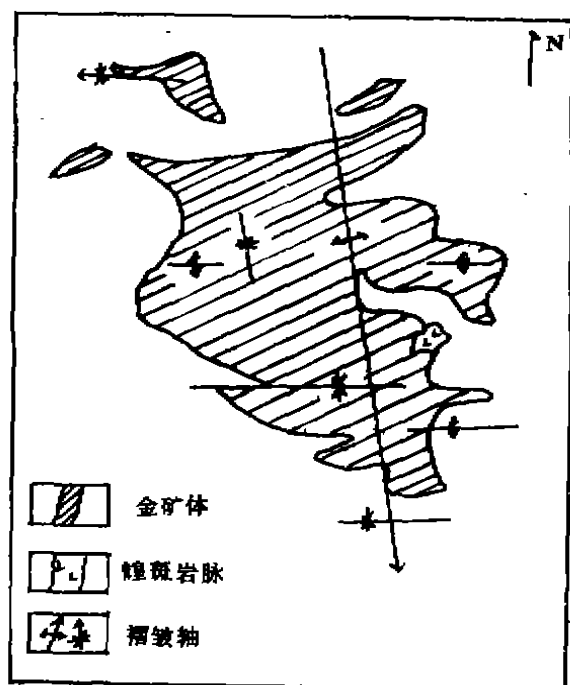


图3 在东西向和南北向构造形迹叠加的褶皱轴部生成的肥大矿体 (五中段)

三、成矿机理及模式的探讨

1. 成矿物质来源

(1) 硫: 四道沟金矿中的 $\delta^{34}\text{S}$ 具有很好的集中性, 不同矿石类型中的黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值差异不大, 矿区测到35个样品的 $\delta^{34}\text{S}$ 集中在 $+10.1$ — $+12.6\%$ 之间, 相差仅为2.5%, 富集重硫, 从区域上对比, 据所做的辽河群浪子山组和大石桥组层控铅—锌矿床中34个样品的硫同位素来看, 它们集中在 $+2.6$ — $+8.4\%$ 之间, 辽河群盖县组地层中10个样品的 $\delta^{34}\text{S}$ 值在 $+10.0$ — $+17.0\%$ 之间, 平均为 $+14.25\%$, 这说明: 四道沟金矿矿石中的硫与盖县组地层中的硫具有明显的一致关系(3), 它们显然是同一来源, 结合岩相古地理条件分析, 它们应为早期海相或滨海相沉积之产物, 所以分布能如此集中, 则主要是区域变质过程中得到很好的均化之缘故。从硫的同位素分布特征亦可以看出, 硫主要来自地层而与岩浆侵入关系不大。

(2) 金: 根据金矿体与地层一起发生褶皱和沿层间裂隙交代充填这一地质现象, 加上矿石变余组构的存在说明: 矿体和围岩应为同一时期的产物, 即在区域变质之前二者应在生成关系上一致。据原岩恢复结果, 成矿物质金应主要来自古陆剥蚀后的沉积产物, 即地层。火山喷发物质虽也可带来部分金, 但由于其数量较少, 故带来的成矿物质非常有限。根据岩相古地理研究表明: 元古代末期, 本区处于一海退环境, 矿区北西部位为一海沟, 位于南东部位的古陆由太古代火山喷发碎屑岩组成, 世界范围内, 这一古陆的结晶基底上均含有大量成矿物质金, 该基底在风化侵蚀作用影响下, 可使其中的金被风化解离出来, 被地面流水搬运到海滨附近沉积下来, 构成新的含金层位——元古界辽河群盖县组。故成矿物质金应为古陆剥蚀后的二次沉积之产物。

2. 成矿时代

根据矿区 and 外围所做的各种同位素年令分析(5), 含矿岩系的变质年令为1049百万年 (K—Ar 法), 和1072百万年 (K—Ar 法), 与围岩产状一致的矿体年令为500 百万年 (Pb—Pb 法), 而脉状矿体 (二次脉体) 年令为134 百万年, 成矿后期断裂中的最新同位素年令值为46百万年。

根据矿区外围出露的燕山期及其它各期侵入体测得年令值判断 (见表2), 主要矿体的形成时期为吕梁运动晚期的变质热液活动阶段, 矿区外围燕山期侵入体的就位而产生了部分改造型矿体。

矿区外围主要岩体 K—Ar 法同位素年龄分析

表 2

岩 体 名 称	测 定 矿 物	年令值 (百万年)	测 定 单 位
角闪花岗岩	全 岩	220	桂林研究所
黑云母花岗岩	黑 云 母	71.8	吉林公司中研室
斑状黑云母花岗岩	黑 云 母	114.9	吉林公司中研室
花岗闪长岩	黑 云 母	91	桂林研究所
闪 长 岩	角 闪 石	96.3	吉林公司中研室

(据赵玉福)

3. 成矿物理化学条件及溶液类型分析

矿区对不同类型的石英利用均一法测得的温度结果表明: 矿体形成时的温度范围多在 100—350℃之间, 为中低温度下形成的矿床, 结晶温度以蚀变破碎带中的矿体成矿温度最低, 为 120℃左右, 各种石英脉型矿体相对较高。

流体包裹体特征: 脉状矿体内产出的石英中包裹体个体较大, 多在 1—15 μm 之间, 而其余仅在 1—5 μm 之间, 气液比多在 5—30% 之间, 个别层状矿体中的石英的包裹体内含有机质。

据矿区测定的包裹体成分分析, 成矿流体中含有大量的 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{++} 、 F^- 、 Cl^- 以及 CO_2 和 CH_4 等成分 (见表 3)

流体包裹体成份相对含量表

表 3

样 号	岩 (矿) 石 名 称	气液包 体总量 mg/g	包 体 成 份 相 对 含 量									盐度‰
			CH_4	CO_2	H_2O	Ca^{++}	Mg^{++}	K^+	Na^+	F^-	Cl^-	
82SB ₁	石英黄铁矿	5.053	0.053	3.81	92.0	1.11	0.168	0.091	1.540	0.120	0.376	4.222
82SB ₂	石 英 岩	7.896	0.064	1.30	95.0	0.42	0.109	1.460	0.570	0.071	0.101	7.668
82SB ₃	含矿石英脉	3.2806	0.402	7.44	86.9	0.68	0.088	0.640	2.930	0.168	0.579	5.285
82SB ₄	黑灰色石英	5.1772	0.050	0.97	93.7	0.64	0.500	0.640	2.030	0.108	0.483	4.401

(据赵东诚资料改编)

形成层状矿体的流体以含有较高的 Mg^{++} 、 K^+ 、 F^- 、 Cl^- 等离子体的低盐度溶液为主。

形成脉状矿体的流体以含有较高的 Ca^{+} 、 Na^{+} 、 F^{-} 、 Cl^{-} 等离子的高盐度溶液为主(6)。

4. 成矿演化模式

据以上地质特征和所有分析结果,可建立成矿模式如下:

元古代早期,本区位于一浅至滨海相的沉积环境,古陆剥蚀迁移而来的成矿物质金在本区沉积下来,同时亦沉积有少量远源火山活动的物质,成岩过程中它们一道形成了矿源层。元古代晚期的构造运动引起了区域变质作用的进行,使得在矿源层中以各种方式存在的金活化出来,沿层面进行短距离迁移,叠加到另外一些贫矿体上,使矿源层中的金逐渐得到富集,另一部分金则呈络合物形式进入变质热液形成含矿流体,沿层间断裂或层间剥离带进行交代充填,形成蚀变岩型似层状、扁豆状及不规则状矿体,部分含矿流体则沿一些切层断裂进行充填,形成变质期少量脉状矿体,在燕山运动的影响下,特别是外围岩体侵入的影响,加热了矿区的地下水,它们会同少量岩浆热液一起对矿体进行了改造,形成所谓“二次活化”,同时它们沿此期形成的一些断裂运移,充填形成脉状矿体。随着以上两期矿化而形成了不同的蚀变类型。

后期新构造运动则对矿体起了一定的破坏作用。

综上所述,四道沟金矿属多期次叠加形成的沉积变质—后期热液改造的层控型金矿床。

本文在编写过程中,野外工作阶段,得到辽宁有色地质103队,冶金部五龙金矿四道沟分矿技术组同志们的大力帮助,至此一并表示感谢。

参 考 文 献

1. 关广岳. 现代矿床学与地质思维, 1987《找矿地质论丛》第二卷第一期
2. 赵东诚. 辽宁四道沟金矿控矿地质因素和找矿模式. 1984《金银矿产选集》第一集
3. 李力等. 四道沟金矿围岩蚀变与金矿化的关系. 1987《沈阳黄金专科学校学报》第一期
4. Branes H. L. 《Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits condition》1979
5. 白万久. 丹东四道沟金矿地质特征和地因探讨, 1979, 内部
6. Fyfe W. S. 《Fluids in the Earth's Crust》1978