

文章编号: 0258-7106 (2004) 02-0198-08

猫岭金矿床成矿构造演化特征*

邱小平

(中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

摘要 猫岭金矿是在克拉通变质岩区保存较好的含砷(毒砂)浸染型金矿之一,金矿脉并非单纯的硫化物脉,而是含毒砂-磁黄铁矿-黄铁矿的硅化石英脉, S_1 面理与金矿脉为同一构造期产物,形成于辽河旋回第一幕构造的伸展滑脱阶段。金矿成矿时代为古元古代,绝对年龄为 2 000 ~ 2 200 Ma。在金矿成矿期形成的强硅化蚀变圈,因具有不透水性和强硬的岩石力学性质,造成封闭-半封闭的屏蔽环境,使得猫岭金矿的古元古代成矿特征,包括矿石矿物组成、结构构造、铅同位素和铍-铀同位素组成,以及辽河旋回早期的 S_1 面理得以保存下来,免遭后期的构造-岩浆热事件的改造和破坏。

关键词 地质学 猫岭金矿 辽河旋回 构造面理 毒砂 古元古代

中图分类号: P618.51

文献标识码: A

猫岭金矿是产出在中国北方前寒武纪变质岩区为数不多的含砷(毒砂)浸染型金矿之一,也是著名的大型低品位、难选冶的金矿床,其成矿作用的复杂性和特殊性令人瞩目。目前,对其成矿时代和成矿作用的认识存在分歧(孙宝亮,2001;魏俊浩,1998;刘斌,1994),成矿作用是发生在前寒武纪还是古生代以来?金矿形成与大范围分布的花岗岩关系如何?单体的金矿细脉已经褶皱变形,组合形成的矿体总体产状如何确定?这些问题涉及到矿床学研究和找矿勘探的若干基础地质问题。本文以详细的野外地质观察和已有的研究成果为基础,结合区域地质和构造分析研究,对猫岭金矿的成矿构造演化、成矿时代和矿体准确产状做出了明确而有依据的地质学推断。

1 地质背景

猫岭金矿位于辽宁省盖州市太平庄乡,大地构造位置处于中朝准地台之辽东古元古代裂谷中央凹陷部位(骆辉,2002)。猫岭成矿区内出露下元古界辽河群、榆树砬子群和上元古界青白口系永宁组(图1)。辽河群盖县组($Pt_1 g$)在成矿区内分布最广,是

猫岭金矿的赋矿层位,榆树砬子群($Pt_1 ys$)巨厚层状石英岩覆盖在盖县组($Pt_1 g$)之上,基本没有金矿化。辽河群一套火山岩、火山沉积岩、海相碳酸盐岩、粘土岩和半粘土岩建造,经受了辽河旋回低绿片岩相、低角闪岩相区域变质和多幕变形作用(骆辉,2002)。古元古界结晶基底曾遭受多期次构造旋回作用,其构造形态极为复杂;而中元古代以来的盖层变形构造不发育,为不变质的盖层。区内断裂构造极为发育,多系切穿基底的深断裂,以 EW 向、NE 向和 NNE 向规模较大,其次为 NW 向和 SN 向断裂。

区内岩浆岩较为发育,主要出露有印支期-燕山期卧龙泉岩体与猫岭岩体,两者是同期同源的侵入岩体,后者是前者的小分支,岩性主要是似斑状黑云二长花岗岩,属于陆壳物质重熔成因的 S 型花岗岩(李成明,1994)。在王家崴子和金厂沟金矿南部尚有以正长岩为主体的碱性杂岩体出露,其他零星分布的还有闪长岩、细粒花岗岩和二长花岗岩等。

辽河群盖县组($Pt_1 g$)为裂谷沉陷阶段在宽广的浅海域形成的滨海-浅海相陆源粘土-碎屑沉积建造,变质前的原岩主要为粘土岩夹长石砂岩和硬砂岩(骆辉,2002)。按传统划分为两个岩性段^①,第一岩性段($Pt_1 g^1$),受卧龙泉岩体与猫岭岩体的热接触变

* 本文得到国家自然科学基金项目(40072034)的资助

作者简介 邱小平,男,1959年生,博士,研究员,从事大地构造与成矿研究工作。e-mail: qiu x p i n g @ c a g s . n e t . c n

收稿日期 2004-01-20; 改回日期 2004-03-02。李岩编辑。

① 辽宁省地质矿产局第五地质大队,1993. 辽宁省盖州市猫岭金矿区金矿普查地质报告(内部报告)。

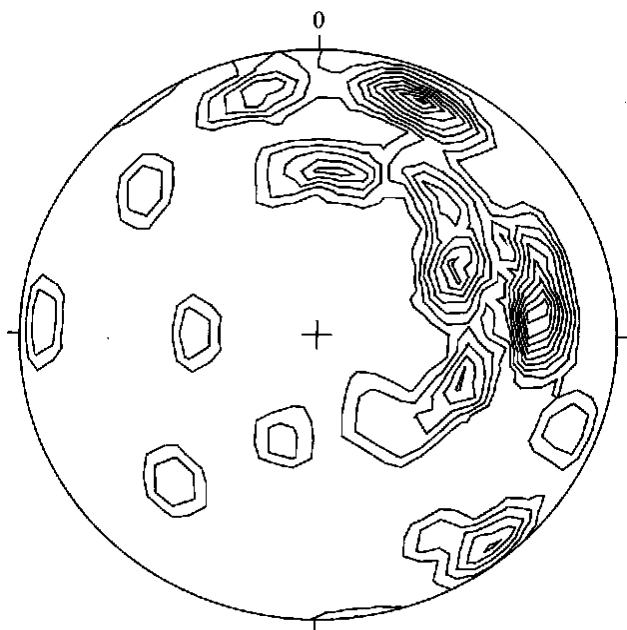


图2 猫岭矿区 S_0 面理极点赤平投影
(下半球)等面积密度图

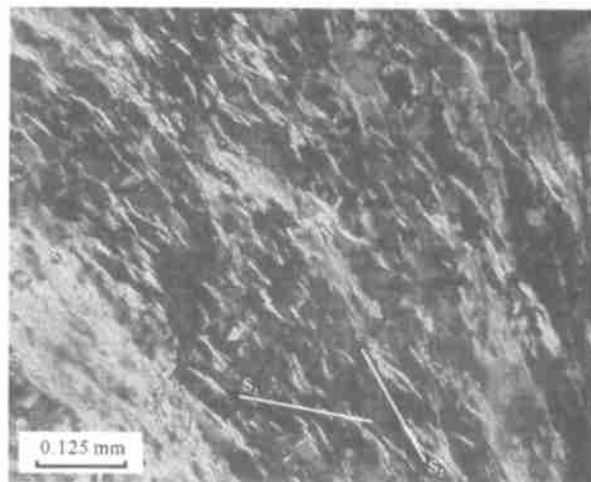
样品数 = 36, 等密度线数值为 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 单位为等面积样品分布的百分数

Fig.2 The equal area projection of poles to S_0 bedding
in the Maoling gold mine, lower hemisphere

$N=36$, contour intervals: 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0. Unit as percentage

岩矿物定向排列的产物(照片1)。 S_1 面理较为紧闭,大多数也被后期面理,特别是 S_2 面理改造、旋转、位移和褶皱。猫岭金矿床中心强硅化蚀变的金矿化区域(0线两侧各约 300 m 范围,以 9 号矿体为中心),由于强硅化岩石能干性增强,受后期片理改造相对较弱,故 S_1 面理保存较为完整。 S_1 面理与 S_0 面理一样受褶皱影响,两者产状比较接近。根据 72 件产状要素的投影统计(图3), S_1 面理极点赤平投影也形成一个大圆环带, S_1 面理优势方位为 NEE 走向,倾向 NW,倾角较陡,平均为 65° 。从与 S_1 面理伴生的平行脉体及其雁列式排列方向,判断第一幕构造运动矢量为从北往南的伸展下滑指向。产状要素的投影统计还反映出, S_1 面理也形成轴面 NEE 走向,枢纽略向 SSW 倾伏的褶皱。如消除后期构造的左行旋转效应,其原始方位应为近 EW 向。

第二幕构造面理(S_2):矿区内最发育的透入性面理或片理,分布最广。通过切割和置换方式,强烈



照片1 9号矿体金矿中由绢云母显示的
 S_1 和 S_2 面理(正交偏光)

Photo 1 S_1 and S_2 foliations shown by sericite in gold ore
of No.9 orebody, the Maoling mine (crossed polarized)

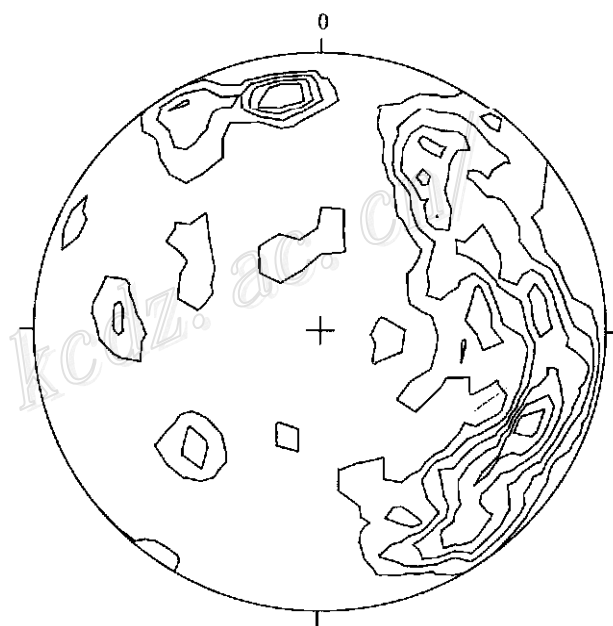


图3 猫岭矿区 S_1 面理极点赤平投影
(下半球)等面积密度图

样品数 = 72, 等密度线数值为 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 单位为等面积样品分布的百分数

Fig.3 The equal area projection of poles to S_1 foliation
in the Maoling gold mine, lower hemisphere

$N=72$, contour intervals: 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0.
Unit as percentage

改造了 S_1 面理,主要由密集的折劈理组成,面理间距约 1 mm 或更细,较 S_1 面理平直,基本无褶皱,但常以 S_1 面理和金矿脉褶皱的轴面劈理形式出现。据 90 个 S_2 面理统计(图 4),产状较稳定,近 SN(160~200°)走向,倾向 W,平均倾角 30°,运动矢量为 W→E 挤压上冲指向。第二幕构造具有强烈的挤压、压扁和褶皱作用,使得 S_0 和 S_1 面理及金矿脉收缩、褶皱变形,枢纽优势方位 200°/25°,即向 SSW 倾伏。第二幕构造后期,区域变质温度开始缓慢下降,岩石仍处在韧性变形域,由于压应力的松弛作用,应力方式由挤压逐渐转变为剪切,剪切指向为左行,造成 S_1 面理和金矿脉由近 EW 向偏转为 NEE 走向。

第三幕构造面理(S_3):矿区内最后一期的深层次高温变形,主要由 S_3 折劈理、微褶皱(crenulation)和膝折带(kink-band)等构造形式组成。据 15 个面理统计(图 5), S_3 折劈理产状稳定,近 EW 走向,倾向北或南,倾角极陡,平均倾角达 80°;微褶皱为发育在中强应变区细碎屑岩及其变质岩中的极其微细的

毫米级的流变褶皱,其枢纽线理向西倾伏,倾伏方向 245~275°,倾伏角 20~70°,优势方位 265°/50°。根据石英残斑微弱的不对称拖尾和膝折带剪切矢量的指示,第三幕构造面理剪切指向为左行,即上盘(北盘)向西滑移。该幕构造与金矿成矿关系不大,仅使矿体形态有一定的改变。

猫岭矿区的脆性变形构造主要是 NE 向、NNE 向近 EW 向和 NW 向的断裂构造,NE 向、NNE 向和近 EW 向断层带常兼具脆、韧性特征,显示出对辽河旋回构造的继承性,脆性构造运动表现为左行剪切,造成金矿体的左行错位,使得强硅化蚀变的金矿化区域的 NE 侧和 SW 侧各出现不对称的拖尾(图 6)。NW 向断裂规模较小,也表现为左行剪切,显然晚于 NE 向、NNE 向左行剪切断层。矿区所有断裂构造均为成矿后构造。

2.2 榆树砬子群构造层变形特征

榆树砬子群($Pt_1 y$)呈角度不整合覆盖于盖县组($Pt_1 g$)之上,地貌上呈突兀的山峰。在野外榆树砬

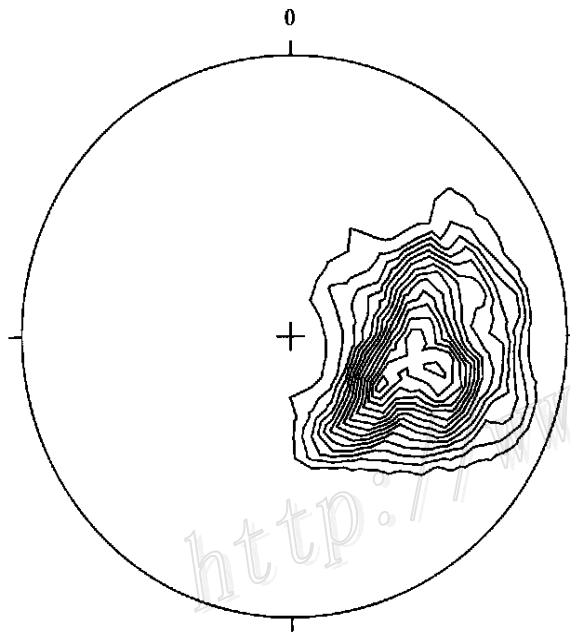


图 4 猫岭矿区 S_2 面理极点赤平投影(下半球)
等面积密度图

样品数 = 90, 等密度线数值为 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0, 11.0, 12.0, 13.0, 14.0, 15.0, 16.0, 17.0, 单位为等面积样品分布的百分数

Fig. 4 The equal area projection of poles to S_2 foliation in the Maoling gold mine, lower hemisphere
N=90, contour intervals: 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0, 11.0, 12.0, 13.0, 14.0, 15.0, 16.0, 17.0.
Unit as percentage

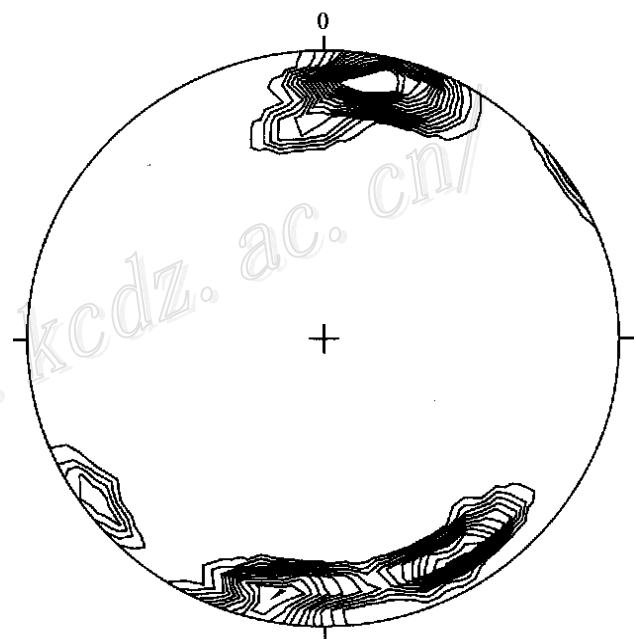


图 5 猫岭矿区 S_3 面理极点赤平投影(下半球)
等面积密度图

样品数 = 15, 等密度线数值为 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0, 11.0, 12.0, 13.0, 14.0, 15.0, 单位为等面积样品分布的百分数

Fig. 5 The equal area projection of poles to S_3 foliation in the Maoling gold mine, lower hemisphere
N=15, contour intervals: 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0, 11.0, 12.0, 13.0, 14.0, 15.0.
Unit as percentage

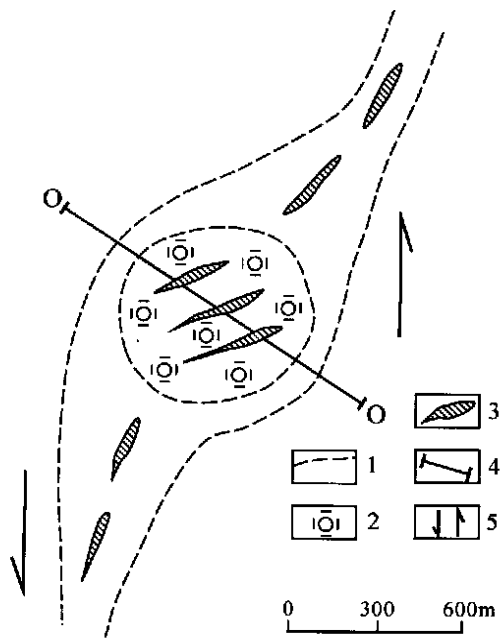


图6 猫岭强硅化蚀变金矿区和剪切构造带示意图
1—剪切构造带; 2—强硅化蚀变区; 3—金矿体; 4—勘探线;
5—剪切指向

Fig.6 Sketch map showing intensely silicified gold area and shearing structural zone in the Maoling gold mine
1—Shearing structural zone; 2—Strongly silicified area; 3—Gold orebody; 4—Exploration line; 5—Shearing direction

子群中仅观察到第三幕构造面理(S_3),走向 $93 \sim 112^\circ$,倾向S,倾角 $76 \sim 86^\circ$ 。 S_3 面理发育较为密集,使得部分原岩已成为片状石英岩;脆性构造主要为一组NE向节理(走向 61° ,倾向NW,倾角 70°)。榆树砬子群未见第一、二幕构造面理的原因可能有两方面:①榆树砬子群是在盖县组第一、二幕构造面理形成之后才覆盖其上的;②由于榆树砬子群主要岩性为巨厚层状石英岩、含赤铁矿石英岩及变质石英砂岩等能干性强的岩石,而第一、二幕构造面理为柔性岩层中发育的密集劈理,难以在石英岩中广泛发育。无论如何,榆树砬子群中未见到猫岭式的金矿化。

3 猫岭矿区金矿脉的地质特征

猫岭金矿床的金矿脉多集中分布在强硅化蚀变区域,以0号勘探线附近的9号矿体为中心,大致呈等轴状,轴长约600m,北东侧和南西侧各伸出一个

拖尾(图6)。金矿脉是由众多细小的硅化含毒砂-磁黄铁矿-黄铁矿金矿脉组成,所以矿体形态和产状比较复杂,如果把南北两个拖尾的连线当成矿体的走向,则为NNE向;如忽略拖尾的低品位表外矿体,矿体实际产状为NEE走向,倾向NNW,倾角较陡。

金矿脉的矿物组成以硅化石英为主,其次为毒砂、磁黄铁矿、胶黄铁矿和少量方铅矿、闪锌矿及黄铜矿,脉壁往往有绢云母条带包围。特别需要指出的是,金矿石中还含有少量碳质或石墨,约占0.06% (w_B)^①。金矿脉基本都呈褶皱或石香肠形态,变形较强烈。缺少硅化石英的单纯硫化物脉和平直的未变形石英脉,含金性都比较差,数量也少于褶皱的矿脉。从野外测量的116个产状要素的投影统计(图7),金矿脉与 S_0 和 S_1 面理产状接近,NEE走向,倾向NNW,倾角较陡,平均 $55 \sim 65^\circ$ 。呈现轴面NEE走向,枢纽略向SSW倾伏的褶皱。

金矿物的赋存状态以晶隙金为主,次为裂隙金,少量包体金。粗粒金占金矿物颗粒总数的74.26%,

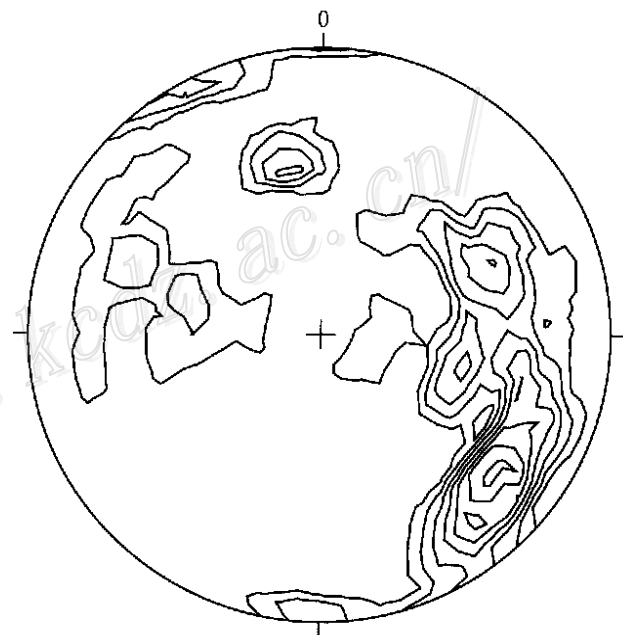


图7 猫岭矿区含金石英-硫化物矿脉极点赤平投影(下半球)等面积密度图
样品数=116,等密度线数值为1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0,单位为等面积样品分布的百分数

Fig.7 The equal area projection of poles to gold-bearing quartz-sulfide veins in the Maoling gold mine, lower hemisphere
N=116, contour intervals: 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0. Unit as percentage

① 辽宁省地质矿产局第五地质大队,1993.辽宁省盖州市猫岭金矿区金矿普查地质报告(内部报告)。

粒度范围 0.074 ~ 0.5 mm, 多数为晶隙金, 产于石英和硫化物颗粒之间; 裂隙金粒度较细, 产于毒砂及石英的裂隙中, 平均占颗粒总数的 13.23%, 粒度范围 0.074 ~ 0.037 mm。包体金产于毒砂、石英及磁黄铁矿颗粒中, 平均占颗粒总数的 12.52%, 粒度范围与裂隙金相当或略细^①。

4 猫岭金矿床成矿构造演化特征探讨

4.1 S₁ 面理与金成矿作用关系

尽管 S₁ 面理被改造程度大显得较为隐蔽, 但系统而仔细的野外观察可以证实 S₁ 面理与硅化石英硫化物金矿脉两者的空间产状差异很小, 从 S₁ 面理和石英硫化物金矿脉的产状统计投影图(图 2 和图 6) 也可以看出两者空间定位和构造变形特征相近, 多数情况表现为同褶皱、相互平行或小角度相交, 有时 S₁ 面理平行金矿脉褶皱的轴面, 有时又相互切割, 因此, S₁ 面理与金矿脉为同一构造期产物, 换言之, 金矿脉形成于 S₁ 面理从北往南的伸展滑脱阶段。第二幕构造(S₂ 面理)的强烈挤压作用, 使得金矿脉发生褶皱、压扁以及拉断呈布丁状, 同时, S₂ 面理作为金矿脉褶皱的轴劈理, 经常切断金矿脉(S₃ 劈理也切断金矿脉)。S₀、S₁ 和石英硫化物金矿脉都经历了褶皱变形, 而后期面理和脆性断裂没有卷入这种褶皱, 这也佐证了金矿脉形成于 S₂ 面理之前的第一幕构造(S₁ 面理)从北往南的伸展滑脱阶段。

4.2 金成矿时代的推断

从区域构造背景分析, 辽河旋回的变形-变质作用发生在古元古代, 年龄范围 1 900 ~ 2 500 Ma(辽宁省地质矿产局, 1989), 金矿脉与辽河群区域变质早期面理(S₁) 为同一构造期产物, 而辽东裂谷从中元古代开始就进入地台盖层的稳定时期, 没有再发生强烈的变形-变质作用(辽宁省地质矿产局, 1989)。所以, 猫岭金矿的成矿时代应当为古元古代早期, 在 1 900 ~ 2 500 Ma 年龄范围的下限附近。根据铅同位素测年资料, 猫岭金矿的铅同位素模式年龄为 1 624 ~ 1 722 Ma(孙宝亮等, 2000), 虽然接近辽河旋回的年龄范围, 但已经超出古元古代的上限。近日获悉, 猫岭金矿中心 9 号矿体含毒砂金矿石中毒砂矿物的 Re-Os 同位素等时线测年结果为 (2 119 ± 57) Ma, 初始 ¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os = 1.85 ± 0.12, MS WD = 0.12(Yang et

al., 2004), 这组年龄数据与区域地质构造背景和矿床特征吻合, 应当是可信的。因此, 可以推断猫岭金矿的成矿时代为古元古代后期, 绝对年龄范围为 2 000 ~ 2 200 Ma。

猫岭花岗岩侵入体虽然与金矿的距离近至 1 km, 也发育了明显的热接触变质分带, 由内向外分别为矽线石带、红柱石带和黑云母带, 但与金矿化不具有成因联系(李成明等, 1994)。最为关键的是猫岭花岗岩切穿盖县组的所有期次 S₁-S₃ 面理, 显然是成矿后的侵入体。而且, 猫岭花岗岩中的长石与猫岭金矿中硫化物的铅同位素组成相差甚大, 前者明显富 ²⁰⁶Pb 和 ²⁰⁸Pb(Yang et al., 2004; 孙宝亮等, 2000; 张可清等, 2000)。

王家崴子和金厂沟金矿尽管与猫岭金矿所处的地质构造环境相似, 成矿围岩都是盖县组浅变质岩系, 却没有保留古元古代金矿的成矿特征, 铅同位素组成也迥然不同(孙宝亮等, 2000; 张可清等, 2000), 王家崴子和金厂沟的金矿石比猫岭金矿明显富 ²⁰⁶Pb 和 ²⁰⁸Pb, 模式年龄也集中在中生代(92 ~ 195 Ma), 原因是受卧龙泉岩体、猫岭岩体和碱性杂岩体的改造过强。

猫岭金矿在成矿时形成的强硅化蚀变圈, 因具有不透水性和强硬的岩石力学性质, 造成封闭-半封闭的屏蔽环境, 才使得猫岭金矿的古元古代成矿特征和 S₁ 面理较为完好地保存下来。

4.3 猫岭金矿的成矿构造类型和构造演化

猫岭金矿工业金矿体集中分布在强硅化蚀变区域, 为一个等轴状的近圆形硅化圈(图 6), 面积约为 0.4 km², 金矿化与石英的硅化蚀变密切相关, 垂向尺度不小于水平尺度, 似乎是个“矿柱”形态。根据 S₁ 面理从北往南的伸展滑脱指向, 推断猫岭金矿成矿期的构造环境位于北部克拉通与南部裂谷凹陷的过渡部位, 也就是裂谷凹陷边缘的伸展滑脱构造带(邱小平, 2002)。矿区盖县组容矿岩系的变质程度仅为低绿片岩相, 属于含碳质或石墨的浅变质黑色岩系; 矿石类型为含毒砂(砷)浸染型金矿, 所以, 猫岭金矿应当属于形成于古元古代裂谷凹陷边缘的中低温 SEDEX 型金矿(Russell, 1988)。容矿岩系中碳质或石墨依然存在, 表明环境氧逸度过低, 岩系中金矿物质不是来源于自身活化的矿质, 而是来源于外部成矿流体系统的叠加(邱小平, 1999)。尽管受成

① 辽宁省地质矿产局第五地质大队, 1993. 辽宁省盖州市猫岭金矿区金矿普查地质报告(内部报告)。

矿期后的构造-岩浆热事件的叠加影响,金矿物的粒度变粗,但猫岭金矿仍然保留了众多古元古代成矿的含砷(微细)浸染型金矿特征。

盖县组 S_0 层理、 S_1 面理及金矿脉共同遭受了褶皱变形,变形褶皱的动力源于第二幕构造。金矿脉形成于 S_1 面理由挤压到伸展的转化期(邱小平, 2002), S_2 代表的第二幕强挤压压缩构造,使早期面理和矿脉褶皱,完成了变形-变质-成矿的过程。成矿构造的演化旋回由 S_1 挤压、伸展、 S_2 压缩 3 个阶段组成。

5 讨论与结论

猫岭金矿是在中国华北克拉通变质岩区保存较好的含砷(毒砂)浸染型金矿之一,通过系统而仔细的矿床地质与构造地质的野外观察和研究,鉴别出金矿脉并非单纯的硫化物矿脉,而是含毒砂-磁黄铁矿-黄铁矿的硅化石英脉, S_1 面理与金矿脉为同一构造期产物,形成于辽河旋回第一幕构造从北往南的伸展滑脱阶段。金矿成矿时代为古元古代,绝对年龄为 2 000 ~ 2 200 Ma。这个时期正好处在华北陆块北缘克拉通-裂谷系的构造急剧活动的演化阶段,由新太古代-古元古代大量含铁石英岩建造代表的“过氧成矿事件”向中元古代大批块状硫化物矿床出现的“缺氧成矿事件”的过渡时期(裴荣富等, 1999),猫岭金矿的出现成为华北陆块北缘块状硫化物矿床在中元古代“成矿大爆发”的先驱和前兆,在区域成矿作用中具有特殊的地位。

在成矿时形成的强硅化蚀变圈,因具有不透水性和强硬的岩石力学性质,造成封闭-半封闭的屏蔽环境,才使得猫岭金矿的古元古代的成矿特征,包括矿石矿物组成、结构构造、铅同位素和 Re-Os 同位素组成,以及辽河旋回早期的 S_1 面理得以保存下来,免遭后期的构造-岩浆热事件的改造和破坏。

S_1 面理与金矿脉产状相似,通过野外测量和室内统计分析,确定出 S_1 面理为 NEE 走向,向 NNW 方向陡倾的优势产状方位,从而较为准确地界定出金矿体的产状,有助于指导矿山的进一步勘探和生产。

致谢 野外工作得到辽宁省地质矿产勘查开发局何卫、李兴国、秦艳梅高级工程师,中国科学技术大学地球和空间科学系陈江峰教授和加拿大

Mundoro 矿业公司的 Peter Lewis 博士和刘桓先生的大力支持和帮助,并提供了宝贵的地质资料和认识思路,笔者在此谨致以由衷的感谢!

References

- BGMR of Liaoning Province. 1989. Regional geology of Liaoning Province [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 730 ~ 740 (in Chinese with English summary).
- Li C M, Fang Q W, Zeng F R, et al. 1994. Origin of Maoling granite and its relationship with Maoling gold deposits [J]. J. Shenyang Institute of Gold Technology, 13(3): 209 ~ 214 (in Chinese with English abstract).
- Liu B and Yu C T. 1994. The metallogenic model for Maoling veinlet-disseminated gold deposit in the south Liaoning [J]. J. Precious Metallic Geol., 3(2): 103 ~ 106 (in Chinese with English abstract).
- Luo H and Li J J. 2002. Geological features of Au, Ag, Pb, Zn, Cu and Co ore deposits and its forming conditions in eastern region of Liaoning Province, China [J]. Progress in Precambrian Research, 25(3-4): 240 ~ 245 (in Chinese with English abstract).
- Pei R F, Qiu X P, Yin B C, et al. 1999. The explosive anomaly of ore-forming processes and super accumulation of metals [J]. Mineral Deposits, 18(4): 333 ~ 340 (in Chinese with English abstract).
- Qiu X P. 1999. Deep ductile shear deformation and gold metallogenesis [J]. Gold Geol., 5(3): 6 ~ 12 (in Chinese with English abstract).
- Qiu X P. 2002. Collisional orogenic belt and metallogenetic divisions [J]. Geol. Bull. of China, 21(10): 675 ~ 681 (in Chinese with English abstract).
- Russell M J. 1988. A model for the genesis of sediment-hosted exhalative (SEDEX) ore deposits [A]. In: Proceedings of the Seventh Quadrennial IAGOD Symposium [C]. Sweden. 59 ~ 66.
- Sun B L, Liang J H, Yao Y Z, et al. 2000. Geochemical characteristics of lead isotope in Maoling-Wangjiawaizi gold metallogenetic belt [J]. Liaoning Geol., 17(4): 259 ~ 262 (in Chinese with English abstract).
- Sun B L, Jin C Z and Cui W L. 2001. The study of the metallogenetic model of Maoling-Wangjiawaizi gold mineralization belt [J]. Gold J., 3(1): 19 ~ 23 (in Chinese with English abstract).
- Wei J H, Li J F, Liu T X, et al. 1998. Fluid inclusion features and the significance to gold exploration in southern Liaoning [J]. Contrib. Geol. & Mineral Resour. Res., 13(1): 33 ~ 39 (in Chinese with English abstract).
- Yang G, Yu G, Chen J F, et al. 2004. Re-Os and Pb isotope systematics in shear-zone hosted gold mineralization: Maoling gold deposit, Liaoning Province, northeastern China [J]. Ore Geol. Rev., Special Issue of "Geochronology of Ore Formation Processes and Ore Genesis in Relation to the Magma Generation" (in press).
- Zhang K Q, Wei J H, Yang Y, et al. 2000. Lead isotopic studies of gold deposits in southern Liaoning [J]. Gold Geol., 6(3): 52 ~ 56

(in Chinese with English abstract).

Zhang L C. 2000. Comprehensive information interpretation and check of maoling gold deposits in Liaoning[J]. Liaoning Geol., 17(2): 135 ~ 145(in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

李成明, 方琦伟, 曾繁祁. 1994. 猫岭花岗岩成因及金矿床关系分析[J]. 沈阳黄金学院学报, 13(3): 209 ~ 214.

辽宁省地质矿产局. 1989. 辽宁省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社. 730 ~ 740.

刘斌, 余昌涛. 1994. 辽南猫岭细脉浸染型金矿床的成矿模式[J]. 贵金属地质, 3(2): 103 ~ 106.

骆辉, 李俊建. 2002. 辽东裂谷 Au、Ag、Pb、Zn、Cu、Co 金属矿床地质特征和成矿条件[J]. 前寒武纪研究进展, 25(3-4): 240 ~ 245.

裴荣富, 邱小平, 尹冰川, 等. 1999. 成矿作用爆发异常及巨量金属堆积[J]. 矿床地质, 18(4): 333 ~ 340.

邱小平. 1999. 深部韧性剪切变形与金矿成矿作用[J]. 黄金地质, 5(3): 6 ~ 12.

邱小平. 2002. 碰撞造山带与成矿区划[J]. 地质通报, 21(10): 675 ~ 681.

孙宝亮, 梁俊红, 姚玉增, 等. 2000. 猫岭-王家崴子金成矿带铅同位素地球化学特征[J]. 辽宁地质, 17(4): 259 ~ 262.

孙宝亮, 金成洙, 崔卫利. 2001. 猫岭-王家崴子金成矿带成矿模式研究[J]. 黄金学报, 3(1): 19 ~ 23.

魏俊浩, 李江风, 刘铁侠, 等. 1998. 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, 13(1): 33 ~ 39.

张可清, 魏俊浩, 杨勇, 等. 2000. 辽南地区金矿床铅同位素组成特征[J]. 黄金地质, 6(3): 52 ~ 56.

张令臣. 2000. 辽宁猫岭金矿综合信息解释及找矿模型的建立[J]. 辽宁地质, 17(2): 135 ~ 145.

Evolution Features of Metallogenic Structure in Maoling Gold Deposit

Qiu Xiaoping

(Institute of Geology, CAGS, Beijing 100037, China)

Abstract

The Maoling deposit is a well reserved arsenic-bearing disseminated gold deposit in the metamorphic rock area of the craton. Instead of being simple sulfide veins, its gold veins are siliceous altered quartz veins containing arsenopyrite, pyrrhotite and pyrite. The S_1 foliation and the gold veins were formed in the same tectonic stage, that is, in the decollement stage of the first structural episode in the Liaohe tectonic cycle. The gold metallogenic epoch is paleoproterozoic, with an age of 2 000 ~ 2 200 Ma. The intense siliceous alteration zone formed during gold mineralization is characterized by impermeability and strong rock mechanics. This has built up a closure or semi-closure shield circumstance against the overprinting and destroying actions of tectonic-magmatic thermal events in post-mineralization periods and preserved such paleoproterozoic metallogenic features of the Maoling deposit as its ore minerals, structures and textures of ores, lead and Re-Os isotopic compositions, and the S_1 foliation of the first structural episode in the Liaohe tectonic cycle.

Key words: geology, Maoling gold deposit, Liaohe tectonic cycle, structural foliation, arsenopyrite, paleoproterozoic