

152/6

中国地质科学院

# 沈阳地质矿产研究所所刊

第 21 号

1990年

32 276

沈阳地质矿产研究所编  
辽宁科学技术出版社出版

1990年

中国地质科学院

沈阳地质矿产研究所所刊

第 21 号

沈阳地质矿产研究所编

辽宁科学技术出版社出版

1990年

《中国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊》

编委会名单 (以姓氏笔画为序)

|      |     |     |     |     |     |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 王孔海  | 韦永福 | 毋瑞身 | 李之彤 | 李文亢 | 杨广华 |
| 吴家弘  | 谷 峰 | 苏养正 | 张志诚 | 林宝钦 | 段瑞森 |
| 唐克东  | 蒋云林 |     |     |     |     |
| 主 编: | 谷 峰 |     |     |     |     |
| 副主编: | 毋瑞身 | 李之彤 |     |     |     |
| 编辑部: | 杨广华 | 蒋云林 | 张 静 | 苏养正 |     |

中国地质科学院

沈阳地质矿产研究所所刊

第 21 号

1990年

沈阳地质矿产研究所刊编辑部编辑

责任编辑 杨广华

(沈阳市北陵大街25号)

辽宁科学技术出版社出版

(沈阳市南京街六段1里2号)

地质矿产部沈阳地质矿产研究所印刷厂印刷

(沈阳市北陵大街25号)

开本787×1092 1/16·印张12 5/8·字数:303,000

1990年7月沈阳第一版·1990年7月沈阳第一次印刷

印数:1—1,000册·定价:3.00元

国内统一刊号:CN21—1196

邮政编码:110032

## 目 录

|                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| 金厂沟梁地区金矿床地质特征及成因·····             | 张立东 ( 1 )   |
| 辽宁省猫岭金矿成因探讨·····                  | 任钟元 ( 14 )  |
| 栖霞金矿围岩蚀变与成矿作用关系及找矿意义·····         | 李存有 ( 22 )  |
| 马家窑金矿地质特征及成因·····                 | 鲍庆忠 ( 34 )  |
| 山东西部某绿岩型金矿化带地质特征及其与构造的关系·····     | 徐国民 ( 53 )  |
| 山东金牛山成矿带金矿床基本特征及成因探讨·····         | 张时淦 ( 68 )  |
| 小西南岔金铜矿床地质特征与控矿条件·····            | 傅秉铎 ( 82 )  |
| 浙江省绍兴至诸暨一带矿床成矿物理化学条件及成矿物质来源·····  | 吴明涵 ( 92 )  |
| 关于砂金品位校正系数的探讨·····                | 张林江 ( 105 ) |
| 佳木斯中间地块花岗岩-绿岩组合中花岗质杂岩的成因与演化 ····· | 朱 群 ( 116 ) |
| 内蒙古-兴安区中奥陶世牙形石动物群 ·····           | 高玉华 ( 133 ) |
| 中国东北部那丹哈达岭地区三叠纪和侏罗纪的放射虫动物群·····   | 张勤运 ( 157 ) |

# 金厂沟梁地区金矿床地质特征及成因

张立东



**内容摘要** 金厂沟梁地区包括金厂沟梁、二道沟和常皋沟三个金矿床。三个金矿床在矿床特征上具有明显一致性：①矿床都由含金黄铁矿石英脉和含金蚀变岩带组成；②围岩蚀变具有类似性；③矿石结构构造和矿物组成类似，其中常含硫化物是矿石的一大特色；④矿物组合相似，都可以划分出四个矿化阶段；⑤黄铁矿都显示类似的爆裂曲线，反映含矿热液活动具有一致性；⑥铅同位素组成相似。因此，三个矿床具有成因类似性和成矿作用统一性。

区内燕山期岩浆活动十分强烈，金矿体围绕燕山期同熔型岩浆岩呈放射状展布。矿石铅同位素组成与同熔型岩浆成因的矿床铅一致。因此，燕山期同熔岩浆活动是本区金矿化的一个重要前提。区内矿质主要来自上地幔和小塔子沟组。

本文将金厂沟梁金矿床、二道沟金矿床和常皋沟金矿床视为有成因联系的一体，并遵循这一认识对三个矿床的地质特征进行总结和对比，最后提出矿床的形成过程——成矿模式。

## 一、区域地质背景

### 1. 角闪质岩层

本区出露的角闪质岩层位于晚太古宙小塔子沟组中段，主要为中细粒和中粗粒斜长角闪岩、黑云角闪斜长片麻岩和角闪斜长片麻岩，其次为黑云斜长片麻岩和少量黑云斜长角闪岩。

角闪质岩层主要分布在本区北部（见图1）。由于后期热液活动强烈，角闪质岩层几乎都遭受了不同程度的蚀变。笔者选取了五个蚀变轻微而且比较有代表性的样品进行了全岩分析，处理结果表明：角闪质岩层的原岩以玄武质岩石和其碎屑岩类为主。

### 2. 花岗质侵入体

除了金厂沟梁附近的片麻状花岗岩岩体年代尚有疑问外，其它花岗质岩体为华力西和燕山期侵入体。

#### (1) 似斑状黑云母花岗岩岩体（ $\gamma_4^{3-2}$ ）

岩体形成于华力西末期，以巨大的岩基分布于本区南部（图1）。岩石以块状构造为主，局部见有岩浆的流动构造。

#### (2) 含辉石石英闪长岩-花岗闪长岩-花岗闪长斑岩-二长花岗斑岩-花岗斑岩

该组岩石呈一系列岩株体或小岩体，在空间上紧密相邻（图1），形成于晚侏罗世

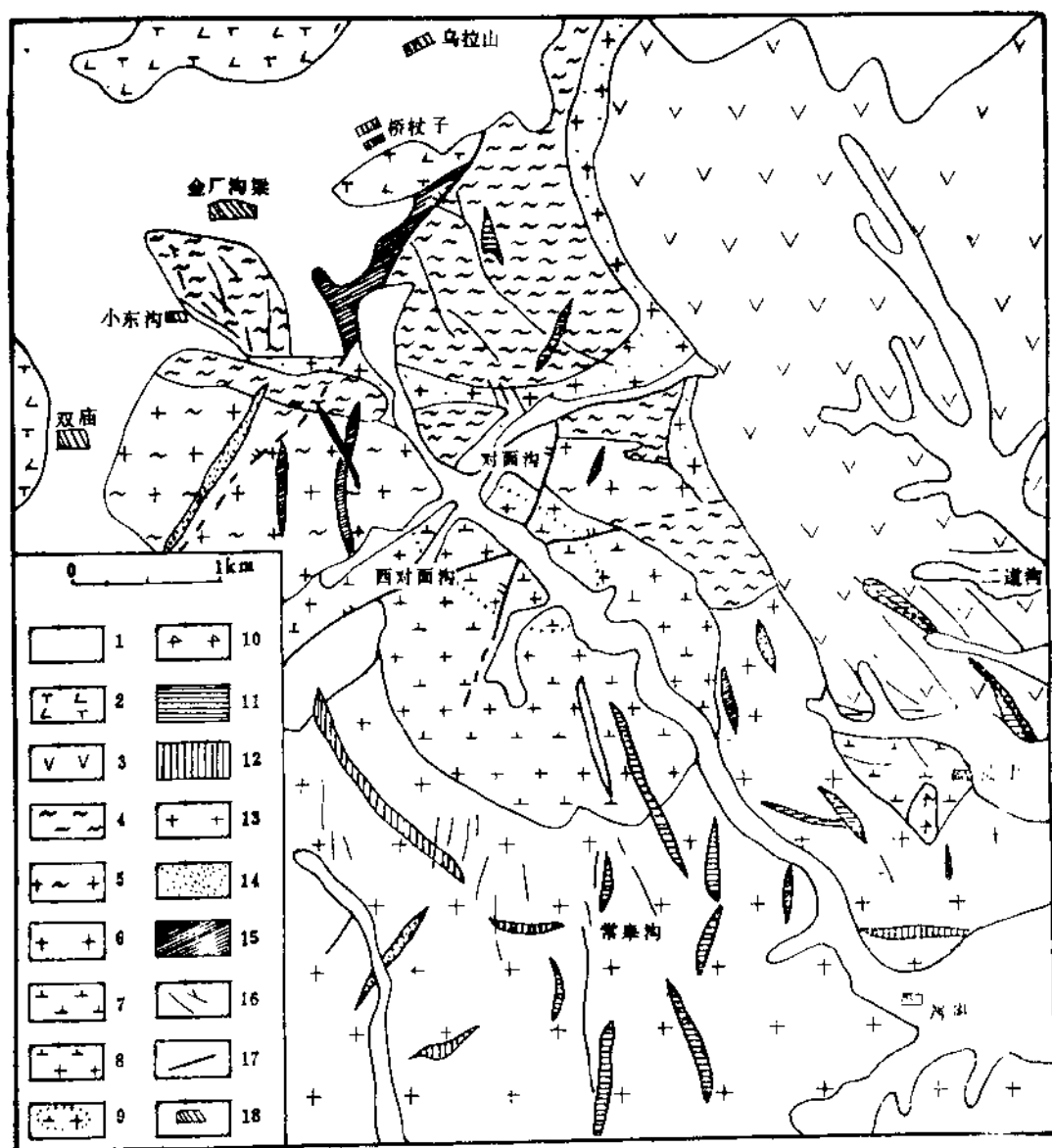


图1 金厂沟梁地区地质简图

1—第四纪；2—白垩纪早期火山岩；3—侏罗纪晚期火山岩；4—小塔子沟组角闪岩层；5—片麻状花岗岩；6—似斑状花岗岩（ $\gamma_4^3$ ）；7—石英闪长岩（ $\delta_6^3$ ）；8—花岗闪长岩（ $\gamma\delta_6^{3-2}$ ）；9—花岗闪长斑岩（ $\gamma\delta_6^{3-2}$ ）；10—花岗岩；11—闪长玢岩；12—正长斑岩；13—石英斑岩；14—细晶岩；15—黑云粗安岩；16—矿化线及矿体；17—断层；18—村庄

至早白垩世。岩石就位的先后顺序为：含辉石石英闪长岩、花岗闪长岩、花岗闪长斑岩、二长花岗岩和花岗斑岩，反映了岩浆由基中性向酸性演化的趋势。石英闪长岩岩体在二道沟侵入了侏罗纪火山岩，在岩体中还发现有晚期花岗闪长岩岩枝侵入，岩枝内有石英闪长岩捕虏体①。西对面沟花岗闪长岩和花岗闪长斑岩的K-Ar年龄分别为

① 中加地质工作组于1989年5月发现了这一现象。

126.3Ma (钾长石) 和121.1Ma (全岩) ①, 其地质年代相当于早白垩世。二长花岗斑岩和花岗斑岩推测为早白垩世侵入。

从早期侵入体到晚期侵入体, 石英和钾长石的含量逐渐增高, 暗色矿物减少, 岩浆由基中性向酸性和超酸性演化。由于岩体就位浅, 岩石呈不等粒、细粒或斑状结构和块状构造。

花岗闪长斑岩中的黑云母属富镁黑云母, 而且比改造型花岗岩中的黑云母具有高含量的V和低含量的Sn(1)。从岩石化学特征上看, 花岗闪长岩和花岗闪长斑岩均为正常系列岩石。花岗闪长岩的稀土配分模式(图略)表明(2): 富轻稀土( $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}=15.32$ ), 稀土总量低( $\Sigma\text{REE}=93.61$ ), 铕亏损不明显( $\delta\text{Eu}=0.82$ )说明花岗闪长岩和花岗闪长斑岩为同熔型岩石。

综上所述, 该组侵入岩是一套同熔岩浆系列。强烈的同熔岩浆活动为本区金矿化提供了重要前提(见成因部分)。

### 3. 喷出岩

喷出岩主要分布于本区东北部(图1), 以各种流纹岩为主, 间夹少量安山质岩石, 喷出时代为侏罗纪晚期至白垩纪早期, 与同熔岩浆系列的侵入时间相对应。

在流纹岩中常见到角砾状安山岩捕虏体, 说明安山岩的喷发是本区火山活动的先导。在岩石化学特征上, 早期火山岩 $\text{Na}_2\text{O}>\text{K}_2\text{O}$ , 后期火山岩 $\text{Na}_2\text{O}<\text{K}_2\text{O}$ , 这与同熔侵入岩系晚期富钾特征相一致。因此, 本区火山岩喷发与同熔岩浆活动有密切联系, 是上地幔岩浆同熔壳层物质的结果。

### 4. 构造

该区位于华北地台北缘, 努鲁尔虎台背斜北翼。区内广布着放射状的压扭和张扭性断裂, 倾角一般陡立( $80^\circ$ 左右), 倾向变化较大, 其中大部分扭性断裂与西对面沟岩体侵入有关。岩体侵入可以对围岩产生强烈的挤压作用, 而冷却又造成岩体本身的收缩和塌陷, 进而导致四周围岩的应力释放。前者可使四周地层产生众多扭性断裂, 而后者可使已经形成的断裂进一步活动, 且断裂两盘的运动方向常发生很大改变。因此, 岩体多期侵入与冷却造成了这些断裂具有明显的多期活动特点。这些断裂为本区矿脉形成以及大部分岩墙侵入提供了良好空间, 是本区的控矿构造。

对各个矿区进行控矿构造的研究表明: 同一矿区的扭性断裂常组成一组或两组以上的共轭剪裂, 它们的主压应力方向都垂直西对面沟花岗闪长岩的接触带(金厂沟梁为 $300^\circ$ 左右, 二道沟 $300-325^\circ$ , 常皋沟 $360^\circ$ 左右), 说明这些断裂与岩体侵入活动相关。

此外, 区内还有另一种断裂——主矿化期后断裂, 如桥杖子断裂和本区中部“X”型交叉断裂(图1), 它们在空间上切割了金矿脉, 而且常有白垩纪黑云粗安岩岩墙侵入。在黑云粗安岩与矿脉截切处, 蚀变作用和矿化作用加强。因此, 这类断裂不仅错断了矿体, 而且还富集并叠加了后期热液活动所带来的矿质。

① 于松泉, 1980, 金厂沟梁金矿床地质特征。

## 二、矿床地质特征

金厂沟梁地区三个矿床的矿体组成、围岩蚀变、矿石组构和组成以及单矿物爆裂测温曲线都具有明显的一致性,反映了三个矿床具有成因类似性和成矿作用统一性。

### 1. 矿床的空间分布和容矿围岩

本区金矿是由一系列含金黄铁矿石英脉和含金蚀变岩带组成的。在宏观上,它们围绕西对面沟花岗闪长岩-花岗闪长斑岩岩体呈放射状展布(图1)。金矿脉和含金蚀变岩赋存于多种岩石中。金厂沟梁金矿主要容矿围岩为小塔子沟组角闪质岩层,部分为片麻状花岗岩。二道沟金矿主要容矿围岩为流纹质火山岩,其次为石英闪长岩和闪长玢岩。常皋沟金矿主要容矿围岩为似斑状黑云母花岗岩。

### 2. 围岩蚀变

本区围岩蚀变非常强烈,几乎每一种岩石都遭受了含矿热液不同程度的改造。金厂沟梁金矿围岩以角闪质岩石为主,蚀变强烈而且广泛;蚀变带一般围绕矿脉和成矿期(或成矿前)裂隙,厚度为40m左右,甚者大于50m;以出现透闪石化、阳起石化、大量绿帘石化、绿泥石化和少量冰长石化为特色。二道沟和常皋沟金矿围岩主要以酸性火山岩和侵入岩为主,其次为中细粒闪长岩和闪长玢岩,蚀变作用不如金厂沟梁强烈、广泛;蚀变厚度一般小于30m;以中低温热液蚀变为主,如绢云母化、黄铁矿化、低温石英化和碳酸盐化等。

尽管三个矿区的容矿围岩明显不同,但围岩蚀变仍显示其共同特征:①均具有明显的高、中、低温蚀变矿物组合,高温以钾化(Ksp+Bi)为主,中温以绢英岩化和黄铁矿化为主,低温以绿泥石化、绢云母化、黝帘石化和碳酸盐化占主要地位;②黄铁矿化既可在高温出现,又可在中温产出;③硅化在各个矿区都广泛存在,形成的温度范围和空间范围都比较大;④蚀变分布不均匀,往往呈线状展布,近脉或裂隙以及向深部蚀变程度加强,反映出含矿热液是由深部沿断裂向上或向两侧扩散的;⑤不同蚀变组合之间往往呈反应关系,是热液多阶段活动的结果。

### 3. 矿石的结构构造

各个矿区的矿石组构具有明显的一致性。矿石结构都以压碎结构、交代结构和固溶体分离结构占主要地位,其中压碎结构以黄铁矿和石英压碎最为典型。矿石构造都以角砾状构造、浸染状构造、脉状构造、梳状构造和条带状构造为特征,其中梳状构造和条带状构造反映了充填作用和贯入作用在本区占有一定的地位。另外,笔者还发现本区具有多阶段角砾岩化作用,在一些角砾中有晚阶段脉体胶结早阶段脉体角砾或围岩角砾的现象。

### 4. 矿石的矿物组成

虽然三个矿区位于不同的空间位置,但是它们都具有类似的矿石矿物和脉石矿物组成。

矿石矿物共计三十余种,其中以硫化物占主要地位,包括黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、黝铜矿、辉铋矿、白铁矿、辉铜矿、斑铜矿、铜蓝、辰砂、雄黄、雌黄、辉铅铋矿、辉银矿、银黝铜矿、脆硫铋矿、含碲方铅矿、毒砂和磁黄铁矿(甚微);其次为氧化物和氢氧化物类,包括钛铁矿、磁铁矿、褐铁矿和赤铁矿,其中前两者往往是

围岩捕获物；再其次为金和银的互化物类，包括自然金、金银矿、银金矿、碲金银矿和自然银。矿石矿物中以黄铁矿含量最高（90%），其次为黄铜矿、黝铜矿、闪锌矿和方铅矿等（约为7%），其它矿物仅占3%左右。辰砂和雄黄等在金厂沟梁出现的机率较大。

脉石矿物十余种，以石英、绢云母、绿帘石、黝帘石、方解石、高温钾长石和冰长石（冰长石在金厂沟梁出现较多）等为主，其中石英+绢云母+绿帘石占70—80%，硫酸盐类至少占10%，钾长石小于5%。

在该区中，黄铁矿、黝铜矿、黄铜矿和方铅矿等是金银矿物的主要载体矿物，其次为石英。金银类矿物往往呈麦粒状、圆粒状、圆滑三角状、透镜状和勺状包于上述载体矿物中，或者呈不规则脉状沿黄铁矿和石英等矿物的裂隙贯入，交代。金银矿物的粒度一般 $<80 \times 10^{-4} \text{mm}$ 。

### 5. 矿化阶段的划分

观察表明三个矿区都包含四个矿化阶段（即热液活动阶段），而且对应的矿化阶段具有一致的矿物组合和矿物产出特点（图2）。

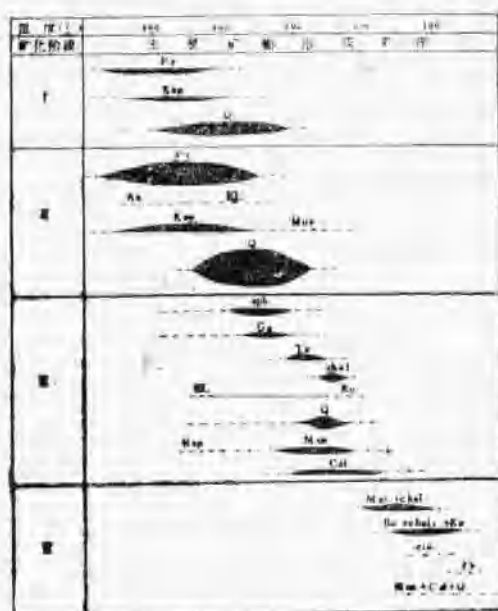


图2 金厂沟梁地区金矿床的矿化阶段及矿物生成顺序

Py—黄铁矿；Sph—闪锌矿；Ga—方铅矿；Te—黝铜矿；Chal—黄铜矿；Cln—辰砂；Chul—辉铜矿；Bo—斑铜矿；Mar—自然银；Flu—锑铁矿；Au—自然金；Eli—银金矿；Ku—金银矿；Ksp—钾长石；Q—石英；Mus—绢云母；Cal—方解石

第一矿化阶段（I）：矿物共生组合主要为黄铁矿+石英+钾长石。黄铁矿往往呈粗粒自形晶分散在石英中，形成星散浸染或斑点构造，局部为斑杂构造。黄铁矿较石英结晶早。本阶段温度范围为585—307℃。

第二矿化阶段（II）：主要矿物为黄铁矿、辉铜矿、自然金、银金矿、石英和钾长

石等, 它们呈明显的共生关系。黄铁矿常呈致密块状和浸染状产出, 石英含量比第一矿化阶段低。黄铁矿开始结晶时间早于石英。辉铋矿常呈针状包于黄铁矿和石英中, 有时在黄铁矿或石英中呈环带状分布。本阶段温度范围为585—286℃。

第三矿化阶段(Ⅲ): 金属矿物种类较多, 包括方铅矿、闪锌矿、黝铜矿、黄铜矿、含碲方铅矿、辉铅铋矿、脆硫铋矿、银金矿、金银矿、辉银矿、银黝铜矿和碲金银矿等。脉石矿物包括石英、方解石、绢云母和高岭土等。本阶段最早结晶的矿物组合是闪锌矿+方铅矿±黄铜矿(乳滴状)±辉铅铋矿±含碲方铅矿, 其次为黝铜矿±脆硫铋矿和致密块状黄铜矿+石英, 后者往往呈脉状切割前者。银金矿、金银矿、辉银矿、碲金银矿和银黝铜矿等常呈金属矿物(闪锌矿除外)的包体或连晶, 并同它们一起充填在早期矿物裂隙中, 或呈脉状切割、交代早期矿物及矿物集合体。方铅矿中见有少量自然银。本阶段温度范围为515—230℃。

第四矿化阶段(Ⅳ): 金属矿物包括白铁矿、黄铜矿、辉铜矿、斑铜矿、铜蓝、镜铁矿、辰砂、雄黄、金银矿和自然银等。脉石矿物为低温石英(呈细粒结构和霏细结构)、冰长石、绢云母、绿泥石和碳酸盐等。最早的矿物共生组合为黄铜矿+白铁矿, 其次为辉铜矿+斑铜矿+铜蓝+辰砂+雄黄。辉铜矿、斑铜矿和铜蓝常呈反应环边结构交代黄铜矿, 并伴有金银矿和自然银析出。辰砂往往呈脉状贯入较早期矿物中。在黄铁矿裂隙中的辰砂脉内有银金矿分布。脉石矿物石英、绢云母、绿泥石和少量冰长石属于贯通性矿物。本阶段温度范围小于200℃。

## 6. 黄铁矿爆裂测温曲线

对区内黄铁矿爆裂测温曲线(图3)进行分析表明: 三个矿区的黄铁矿具有明显的相似性。

在图3中, 曲线B为金厂沟梁的第一阶段黄铁矿爆裂曲线, 曲线A、C和D是三个矿区的第二阶段黄铁矿爆裂曲线。对比曲线A、C和D, 撇开230—256℃的低峰, 可以看出它们都具有明显的三个峰, 而且随着温度降低, 峰值升高, 间接地反映了第二阶段黄铁矿的结晶历程。导致这一结果的原因可能有两种: ①溶液本身的结晶作用造成物质饱和程度间歇性变化; ②在该热液阶段中存在若干个次级热液脉动。

在图3中, 除了曲线A外, 其余都有一个明显的低温矮峰, 它代表后期叠加的次生包裹体, 是第三阶段含矿热液活动的结果, 这与黄铁矿产出特征相符。曲线A代表的黄铁矿呈完整自形晶, 而其它曲线所代表的黄铁矿呈压碎状, 并且不同程度地受到后期矿物的切割和交代, 即受到后期热液的改造。

第一阶段黄铁矿整体呈自形, 但由于受应力错动早已碎裂。沿晶体裂隙有晚期黄铁矿、方铅矿和闪锌矿等脉体充填, 说明第一阶段黄铁矿曾不止一次地受到晚期热液的改造, 因而有大量次生包裹体生成。曲线B实际上是至少三次热液活动叠加的结果。

## 三、矿床成因

### 1. 矿床的时空特点

综上所述本区含金黄铁矿石脉和含金蚀变岩带紧密围绕中生代西对面沟花岗闪长岩类呈放射状展布, 说明矿化作用可能与花岗闪长岩岩浆(即同熔岩浆)活动有关。

在二道沟, 矿脉切割与同熔岩浆活动有密切关系的晚侏罗世流纹质火山岩。在金厂

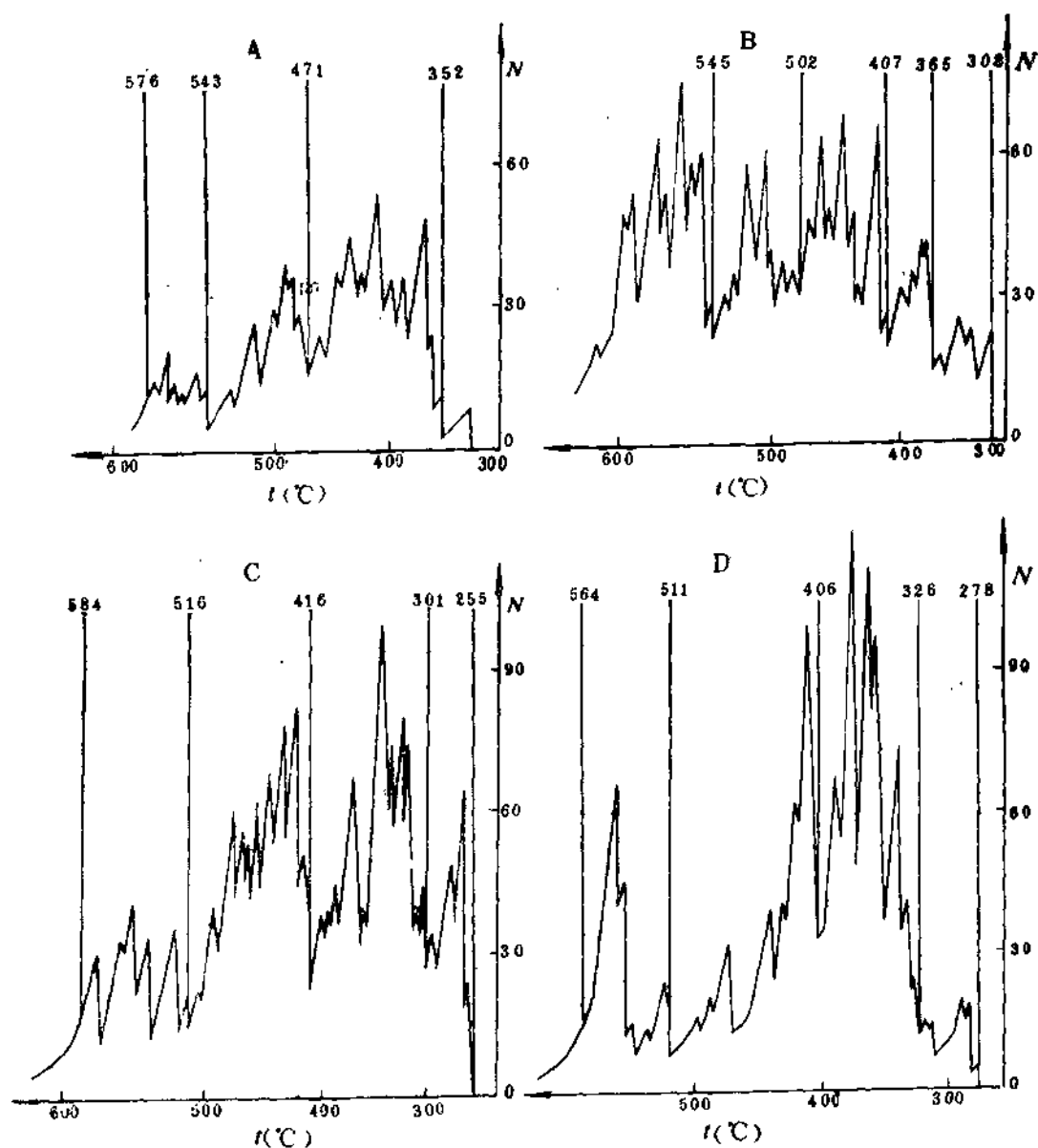


图3 金厂沟梁地区金矿床中黄铁矿爆裂测温曲线

A—金厂沟梁15号脉第二阶段黄铁矿爆裂曲线； B—金厂沟梁15号脉第一阶段黄铁矿爆裂曲线；  
C—常阜沟2号脉第二阶段黄铁矿爆裂曲线； D—二道沟5号脉第二阶段黄铁矿爆裂曲线

沟梁，金矿脉受黑云粗安岩岩墙切割，而黑云粗安岩又与早白垩世凝灰岩有成因联系<sup>①</sup>。因此，金矿脉的形成时代大致为侏罗纪晚期—白垩纪早期，与同熔岩浆的活动时代相符。

金矿脉与同熔岩浆岩具有时空一致性，反映它们之间具有成因联系。

① 魏安明等，1988年资料。

## 2. 黄铁矿和角闪质岩石的微量元素的相关分析

为了进一步研究含金黄铁矿石英脉与围岩的关系,笔者选取了金厂沟梁的黄铁矿和围岩进行了微量元素分析,结果见表1。

据表1分别计算元素与元素、元素与元素组和元素组与元素组的相关系数,结果见表2。在表2中,黄铁矿的元素与元素、元素组与元素组和元素与元素组的相关系数与围岩角闪质岩石对应的相关系数具有一定的同步性变化。这一特点只能说明角闪质岩石为矿化提供了矿质。

表1 金厂沟梁金矿的黄铁矿及某些角闪质岩石的微量元素分析

| 样号              | 样品名称      | 采样地点    | Au     | Ag    | Cu  | Pb  | Zn  | Co  | Ni  |
|-----------------|-----------|---------|--------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| EB              | 黄铁矿       | 8号脉七中段  | 16.085 | 16.35 | 57  | 222 | 68  | 506 | 195 |
| 26B             | 黄铁矿       | 26号脉七中段 | 0.407  | 6.95  | 14  | 24  | 96  | 285 | 98  |
| 35—6            | 黄铁矿       | 35号脉七中段 | 3.857  | 27.8  | 100 | 371 | 145 | 252 | 83  |
| 15—1            | 黄铁矿       | 15号脉七中段 | 0.943  | 10.20 | 33  | 76  | 118 | 301 | 126 |
| 15-4-1          | 黄铁矿       | 15号脉七中段 | 8.978  | 15.95 | 190 | 52  | 100 | 537 | 130 |
| 15-4-2          | 黄铁矿       | 15号脉七中段 | 2.712  | 20.90 | 43  | 364 | 150 | 393 | 60  |
| RB <sub>3</sub> | 角闪黑云斜长片麻岩 | 头道沟梁    | 0.003  | 1.58  | 107 | 19  | 60  | 40  | 21  |
| RB <sub>4</sub> | 黑云角闪斜长片麻岩 | 头道沟梁    | 0.012  | 1.53  | 71  | 24  | 57  | 43  | 72  |
| RB <sub>5</sub> | 斜长角闪岩     | 头道沟梁    | 0.003  | 0.66  | 76  | 25  | 50  | 28  | 18  |
| RB <sub>6</sub> | 斜长角闪岩     | 头道沟梁    | 0.004  | 1.73  | 110 | 33  | 59  | 34  | 22  |
| RB <sub>7</sub> | 斜长角闪岩     | 头道沟梁    | 0.002  | 1.12  | 108 | 27  | 55  | 26  | 15  |

表2 相关系数( $\gamma$ )

| 样品             | 黄铁矿             | 角闪质岩石           |
|----------------|-----------------|-----------------|
| 元素与元素组合        |                 |                 |
| Au~Ag          | $\gamma=0.58$   | $\gamma=0.346$  |
| Cu+Pb+Zn~Co+Ni | $\gamma=-0.133$ | $\gamma=-0.482$ |
| Au~Cu+Pb+Zn    | $\gamma=0.105$  | $\gamma=-0.54$  |
| Ag~Cu+Pb+Zn    | $\gamma=0.977$  | $\gamma=0.895$  |
| Au~Co+Ni       | $\gamma=0.673$  | $\gamma=0.95$   |
| Ag~Co+Ni       | $\gamma=-0.099$ | $\gamma=0.417$  |

值得注意的是:黄铁矿与角闪质岩石所对应的相关系数还有一定的差异性。Au~Cu+Pb+Zn、Ag~Co+Ni和Cu+Pb+Zn~Co+Ni所对应的相关系数差异最为突出。这可能说明不仅仅小塔子沟组角闪质岩石为本区矿化提供了矿质,还存在其它矿源。

## 3. 围岩对金矿的控制作用

区内各个金矿床在规模和品位上都有较大的差异,即使是同一个

矿区,在不同围岩中,其矿化程度也有较大的变化。金厂沟梁金矿床规模最大(可达20t),平均品位较高(Au11.97—19.15g/t, Ag26—64g/t),围岩以角闪质岩层为主;二道沟金矿床规模中等(小于10t),平均品位较金厂沟梁金矿床低(Au1.37—12.34g/t, Ag4.4—22.81g/t),围岩以流纹质酸性火山岩为主,其次为石英闪长岩( $\delta^{25}$ S)和闪长玢岩;常皋沟金矿床规模最小(小于5t),含金黄铁矿石英脉的金、银品位多低于工业品位,围岩为似斑状花岗岩( $\gamma_4$ )和少量闪长玢岩。应当注意的是,在

二道沟和常皋沟金矿区,可采金矿体往往产在石英闪长岩和闪长玢岩中及其附近;在金厂沟梁金矿区,见有一些含金脉体产在花岗片麻岩中,但同产在角闪质岩层中的含金脉体对比,其品位极低( $\text{Au}0.63\text{—}2.68\text{g/l}$ )。因此,围岩性质的变化对矿质的聚积有很大的影响。

在本区中,小塔子沟组角闪质岩层是最有利的金矿化围岩,其次为燕山期石英闪长岩和闪长玢岩,再其次为流纹质火山岩。上述特征可能暗示了本区金矿化来源(小塔子沟组角闪质岩层、燕山期同熔岩浆及其引起的火山活动),金厂沟梁和二道沟金矿的矿质来自多个矿源,而常皋沟金矿的矿质可能就来自单个矿源——同熔岩浆。

#### 4. 矿床的稳定同位素特征

##### (1) 铅同位素

表3给出了各个矿床的铅同位素组成。尽管样品采自不同矿床和矿体,然而它们的铅同位素组成却显示出明显的一致性。这说明各个矿床的铅来源具有同一性。

表4是与同熔或重熔型花岗岩有关的矿床的铅同位素组成范围<sup>[2]</sup>。对比表4、3,发现本区的矿床铅都与同熔型花岗岩有关。因此,这进一步证实了本区成矿作用具有统一性,而且还证实了金矿化与同熔岩浆活动有成因联系。

表3 金厂沟梁地区金矿铅同位素组成

| 样号      | 采样地点   | 样品名称 | $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ | $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ | $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ |
|---------|--------|------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 72D—1   | 金厂沟梁金矿 | 方铅矿  | 16.8684                           | 15.3292                           | 36.9909                           |
| 72D     | 金厂沟梁金矿 | 方铅矿  | 16.8437                           | 15.2795                           | 36.8257                           |
| 7B2     | 二道沟金矿  | 方铅矿  | 17.1231                           | 15.3796                           | 37.2486                           |
| 7D18—16 | 常皋沟金矿  | 黄铁矿  | 17.0499                           | 15.3109                           | 37.0118                           |
| 7D18—15 | 常皋沟金矿  | 黄铁矿  | 17.1673                           | 15.3693                           | 37.2571                           |
| 35—3    | 金厂沟梁金矿 | 黄铁矿  | 16.8320                           | 15.2882                           | 36.8374                           |
| 35—4—1  | 金厂沟梁金矿 | 黄铁矿  | 17.0953                           | 15.3515                           | 37.1124                           |
| 7DX     | 二道沟金矿  | 黄铁矿  | 17.0465                           | 15.3185                           | 37.1592                           |

表4 不同成因花岗岩有关矿床中铅同位素数值表

| 成因类型 | $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ | $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ | $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ |
|------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 同熔型  | 15.5148—17.4260                   | 14.3962—15.5818                   | 33.8345—38.4565                   |
| 重熔型  | 17.2571—20.8905                   | 15.1591—16.6937                   | 37.5959—40.7810                   |

引自计惠海

计算表明 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 与 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 具有明显的相关性。相关系数 $r=0.827$ ,回归方程 $y=11.532+0.223x$ 。在图4中,铅同位素比值呈 $\mu=8$ 增长曲线附近的线性关系,属于异常铅,可以解释为两种正常铅的混合。

笔者认为区内的同熔岩浆活动是形成各个矿床的必要条件,可以把同熔型岩体年龄(126.3Ma)近似地看成矿床形成年龄。因此,联立下列方程可求出 $\mu$ 值为8.1085。

$$\begin{cases} x = a_0 + \mu (e^{\lambda_1 t} - e^{\lambda_1 t_2}) \\ y = b_0 + \frac{\mu}{137.8} (e^{\lambda_2 T} - e^{\lambda_2 t_2}) \\ y = 11.532 + 0.223x \end{cases} \quad \begin{cases} x = {}^{206}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb} & T = 4.55 \times 10^9 \text{年} \\ y = {}^{207}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb} & t_2 = 126.3 \times 10^6 \text{年} \\ \lambda_1 = 1.55125 \times 10^{-10} \\ \lambda_2 = 9.8485 \times 10^{-10} \end{cases}$$

所以, 铅的来源区 (上地幔)  $\mu = 8.1085$ , 由此根据异常铅直线在  $\mu = 8.1085$  增长曲线的下交点计算出  $t_1 = 2960\text{Ma}$ 。

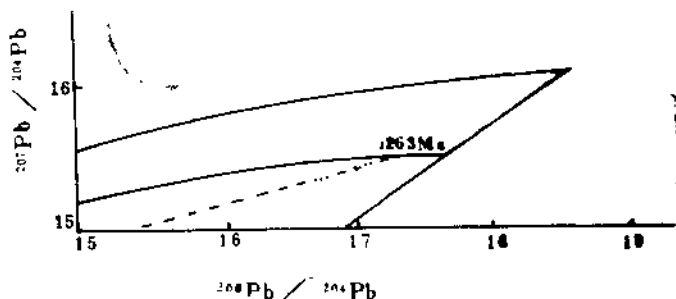


图4 金厂沟梁地区的金矿床铅同位素图

由上述铅同位素组成特征, 笔者认为本区至少存在两个矿源, 一部分来自年龄约为  $2960\text{Ma}$  的矿源层, 一部分来自上地幔部分熔融岩浆。对铅来讲, 其大部分来自后者, 而只有少部分来自前者。据杠杆原理计算出两者比值为  $\text{Pb}^1/\text{Pb}^2 = 137/1000$ , 但这并不意味着其它金属也有类似的来源比, 只能说明其它金属有类似铅的来源。

早期侵入小塔子沟组的钠质花岗岩岩体的推测年龄为  $2800$  至  $3000\text{Ma}$  [3]。因此, 小塔子沟组形成时代应大于  $2800\text{Ma}$ , 这正好与  $2960\text{Ma}$  的矿源吻合。小塔子沟组原岩在本区相当于玄武岩类, 含金丰度高, 具备作为矿源层的充分条件。

## (2) 硫同位素

表5给出了该区硫同位素组成 ( $\delta^{34}\text{S}$ ) 的测试值和总硫值 ( $\delta^{34}\Sigma\text{S}$ )。总硫值由下述方法求得: 据包裹体测温 and 包裹体成份计算出  $\Sigma\text{S}$ 、 $\text{pH}$  值和  $\lg f\text{O}_2$  值, 然后查对大本的  $\delta^{34}\text{Si}$  等值线图, 并依据  $\Delta i = \delta^{34}\text{Si} - \delta^{34}\text{S}_{\text{H}_2\text{S}}$  可分别求得硫化物 (i) 在假定  $\delta^{34}\Sigma\text{S} = 0\text{‰}$  时的  $\delta^{34}\text{Si}$  值, 再用  $\delta^{34}\text{Si}$  值去校正测试值, 从而得到各个样品的  $\delta^{34}\Sigma\text{S}$  值。

在表5中, 样品9和10代表蚀变围岩中黄铁矿的硫同位素组成,  $\delta^{34}\Sigma\text{S}$  为负值, 富轻硫, 而其它样品采自矿脉, 呈正值, 富重硫。这一现象是硫同位素动力学分馏的反映。在热液扩散迁移的前锋 (即蚀变围岩) 富集轻同位素, 而在热液扩散迁移的发源地 (即矿脉附近) 相对地富集重同位素。

金厂沟梁金矿的  $\delta^{34}\Sigma\text{S}$  值平均小于  $+4.0\text{‰}$ , 二道沟金矿的  $\delta^{34}\Sigma\text{S}$  值平均小于  $+8.45\text{‰}$ , 常皋沟金矿  $\delta^{34}\Sigma\text{S}$  值平均小于  $+8.51\text{‰}$ , 但是各个矿区的  $\delta^{34}\Sigma\text{S}$  值不会低于  $-1.99\text{‰}$ 。因此金厂沟梁金矿的  $\delta^{34}\Sigma\text{S}$  值偏低, 二道沟和常皋沟二矿床的  $\delta^{34}\Sigma\text{S}$  值偏高。导致这一现象的根本原因是: 在成矿作用当中, 物质来源具有差异性。铅同位素业已证明本区存在多个矿源, 硫也具备多源性。含矿溶液可以从同熔岩浆中获得上地幔硫和深部壳岩硫 ( $^{34}\text{S}$  占较高的比率), 此外, 含矿热液在淋滤围岩的过程中还可获得部分硫, 正是这部分硫影响了各个矿床间的硫同位素差异, 金厂沟梁金

矿围岩为角闪质岩石(原岩为玄武岩),其中的硫为幔源硫,这些硫与热液硫混合的结果形成 $\delta^{34}\text{S}$ 值偏低的混合硫<sup>①</sup>。常皋沟和二道沟两金矿的围岩分别为似斑状花岗岩和与同熔作用有关的火山岩,围岩中的硫相对地富集重硫,从而导致混合硫 $\delta^{34}\text{S}$ 值偏高。

表5 金厂沟梁地区硫同位素组成

| 序号 | 采样地点 | 样名名称 | 阶段 | 测试 $\delta^{34}\text{S}$ | $\delta^{34}\text{S}$ |
|----|------|------|----|--------------------------|-----------------------|
| 1  | 金厂沟梁 | 黄铁矿  | I  | -1.36                    | +4.97                 |
| 2  | 金厂沟梁 | 黄铁矿  | I  | -3.18                    | +2.8                  |
| 3  | 金厂沟梁 | 黄铁矿  | I  | -2.05                    | +4.55                 |
| 4  | 金厂沟梁 | 黄铁矿  | I  | -4.79                    | +1.81                 |
| 5  | 金厂沟梁 | 黄铁矿  | I  | +0.46                    | +7.06                 |
| 6  | 金厂沟梁 | 黄铁矿  | I  | -0.79                    | +5.81                 |
| 7  | 金厂沟梁 | 黄铁矿  | I  | -5.32                    | +1.28                 |
| 8  | 金厂沟梁 | 黄铁矿  | I  | -2.31                    | +4.29                 |
| 9  | 金厂沟梁 | 黄铁矿  | I  | -9.41                    | -2.81                 |
| 10 | 金厂沟梁 | 黄铁矿  | I  | -7.77                    | -1.17                 |
| 11 | 二道沟  | 黄铁矿  | I  | +2.04                    | +8.64                 |
| 12 | 二道沟  | 黄铁矿  | I  | +1.65                    | +8.25                 |
| 13 | 常皋沟  | 黄铁矿  | I  | +1.95                    | +8.55                 |
| 14 | 常皋沟  | 黄铁矿  | I  | +1.87                    | +8.47                 |

表6 金厂沟梁金矿石英包体氢氧同位素组成

| 样号     | 采样地点 | 样品名称 | $\delta^{18}\text{O}$ | $\delta\text{D}$ |
|--------|------|------|-----------------------|------------------|
| SB     | 金厂沟梁 | 石英   | -8.9                  | -102             |
| 15-2   | 金厂沟梁 | 石英   | -11.7                 | -86              |
| 35-1   | 金厂沟梁 | 石英   | -11.3                 | -85              |
| 15-3-2 | 金厂沟梁 | 石英   | -11.0                 | -81              |

岩浆的混合。在同熔作用中,最主要的作用是重熔作用,常引起钾质流纹岩岩浆生成<sup>[4]</sup>。在这一过程中,来自上地幔的岩浆带来了部分矿质,岩浆对壳层物质进行了同化作用,并从中攫取部分矿质。这些活化的矿质可以随岩浆侵入活动上升或随火山喷发喷出地表。这时的金、银等矿质或者呈分散相的混入物分布于侵入岩体和火山岩中,或者呈络离子状态存在于晚期热液中。同熔作用的最终结果是形成了两种矿源地质体(即同熔型侵入体和酸性火山岩)和矿化热源,它们同区内的古老矿源层——角闪质岩层构

### (3) 氢氧同位素

表6给出了金厂沟梁金矿床的石英包裹体的氢氧同位素组成。

将表6数据投影到 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 关系图(图5)上,可见点位都在大气降水线附近。因此,可以推测本区含矿热液以大气水占主要地位。

### 4. 矿床的形成过程简述

上述资料表明小塔子沟组角闪质岩层是地壳在2800—3000Ma鞍山运动期间形成的玄武质火山岩及其碎屑岩类。这些岩石实际上是上地幔的分异产物,携带有部分铅、金和银等矿质,构成了古老矿源层。

前面已经证实,西对面沟花岗闪长岩类属于燕山期同熔花岗岩,它们与其它侵入岩体组成了同熔型岩石系列,与晚侏罗世大规模的火山喷发岩有着密切的成因联系。由于太平洋板块在燕山期向西俯冲,造成了本区的一系列构造岩浆活动。来自上地幔的岩浆与地壳物质发生了同化混染作用,由其带来的热量引起了壳层物质(在本区为小塔子沟组岩石)的部分熔融及两类

① 混合硫=地幔硫+深部壳岩硫+淋滤硫

成了本区矿化的主要物质基础。

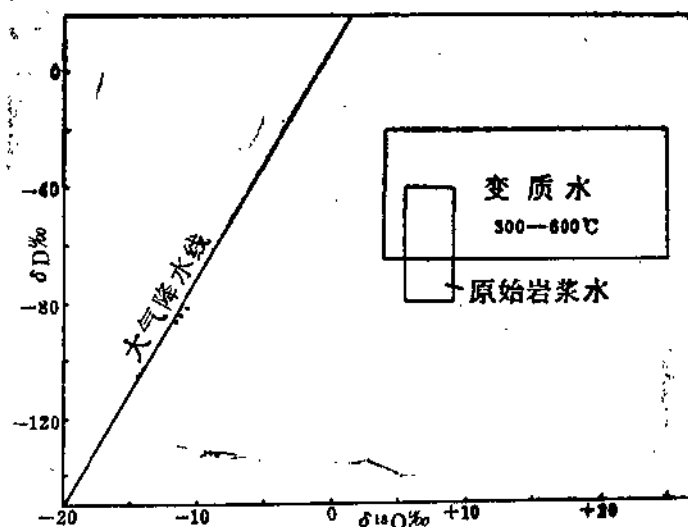


图5  $\delta D - \delta^{18}O$ 关系图

与同熔岩浆侵入同时,围岩形成了众多的放射状扭性断裂,断裂活动可能导致了断裂附近的围岩发生了首次矿质活化。大量的大气水沿断裂渗入地下,升温,淋滤围岩矿质,并与岩浆热液混合,从而形成了含矿热液。这种含矿热液沿着裂隙带上升,并交代围岩,形成各种高、中、低温蚀变,而且能够进一步富集矿质。在含矿热液运移之初,温度较高(一般大于 $580^{\circ}\text{C}$ ),溶液呈碱性,对矿质的搬运能力较强,金、银一般呈羟基络合物形式迁移。随着热液上升,热液与围岩的交代作用持续进行,温度逐渐降低,导致 $\text{H}_2\text{S}$ 在水溶液中的离解作用加强,金和银逐渐以硫氰络合物形式搬运。另一方面,随着交代作用的进行和温度降低,以及离解作用加强,热液也逐渐呈弱酸性。金和银等各种络合物不再呈稳定状态,并开始沉淀,形成金矿化。

### 参考文献

- [1] 刘义强, 1985, 辽宁中生代花岗岩中的黑云母。《辽宁地质学报》, 第2期。
- [2] 计惠海, 1985, 辽宁花岗岩类成因与成矿探讨。《辽宁地质学报》, 第2期。
- [3] 王汉俊、李祖涛, 1984, 辽西太古代绿岩带的基本特征。《辽宁地质学报》, 第2期。
- [4] 徐克勤等, 1981, 华南不同时代的花岗岩类及其与成矿关系。北京, 科学出版社。

## GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND GENESIS OF GOLD DEPOSITS IN JINCHANGGOULIANG REGION

Zhang Lidong

(Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources)

### Abstract

All the deposits in Jinchanggouliang region are very alike in ore geology, such as constitution of ore body, wallrock alteration, and texture, structure and mineral composition of ore, and mineral decrepitation curves etc., reflecting similar genesis and systematic mineralization. These occurred intensive Yanshanian syntectis magmatism in this region. The data of ore distribution and lead isotope etc. show that the activity of Yanshanian syntectis magma played a decisive role on gold mineralization in the region. The gold mineralization are multistage with their ore material derived from different sources, such as upper mantle and crust rocks (Xi-aotazigou Formation), through which the syntectis magma raised and assimilated and extracted some ore material and the hydrothermal solution circulating along faults also extracted some ore material from host rocks. The most favorable host rocks is bedded amphibolites and secondly the syntectis intrusive rocks.