# 阿拉善地区前寒武纪变质热液型金矿床地质特征及成因*

# Geological Features and Origin of Precambrian Metamorphic Rock Hosted Gold Deposit, Alxa, Western Inner Mongolia

聂凤军 江思宏 白大明 刘 妍

(中国地质科学院矿产资源研究所，北京 10037)

Nie Fengjun, Jiang Sihong, Bai Daming, Liu Yan

(Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

摘 要 朱拉扎嘎和老硐沟矿床是阿拉善地区规模最大和品位最高的两处金矿床。金矿化多呈层状、似层状和透镜体状在元古宙浅变质岩地层内产出，并且与海西期花岗岩类侵入岩具密切时空分布关系。尽管这两处矿床在容矿围岩、矿体产状、矿石类型、矿物组分和元素组合方面存在一定差别，但是它们的成矿环境和形成过程大体相似，均为海西期构造-岩浆活动对前寒武纪含金变质岩地层（矿源层或矿胚）叠加改造的产物。属变质热液型金矿床。另外，Au-Ag-Pb-Zn-As-Sb-Bi 元素组合异常和次生氧化富集带是重要的找矿标志。

关键词 金矿床 成矿作用 老硐沟 朱拉扎嘎 阿拉善

阿拉善地处内蒙古自治区最西部，大地构造位置属西伯利亚、哈萨克斯坦和华北三大古板块汇聚带，区内中新元古宙浅变质岩地层出露广泛，不同规模断裂纵横交错，各类岩浆岩发育和金矿床（点）星罗棋布，为内蒙古西部最重要的金矿化集中区。近年来，研究区范围内朱拉扎嘎和老硐沟金矿床的发现与圈定，不仅为荒漠戈壁区金矿床找矿勘查提供了范例，而且为此类矿床的理论研究工作注入了新的活力。认真总结上述两处金矿床地质和地球化学特征，探讨其成矿物质来源和成矿动力学过程，查明金成矿作用与晚古生代构造-岩浆活动关系，无疑对提高本地区金矿床理论研究水平，促进隐伏金矿床找矿勘查工作具有重要理论和实际意义。

## 1 成矿地质环境

根据内蒙古区域地质志和部分地质文献对本地区构造单元的划分方案，并且结合最新区域地质调查成果，研究区主要由西伯利亚、哈萨克斯坦和华北三大古板块所构成（内蒙古自治区地质矿产局，1991；甘肃省地质矿产局， 1989；王廷印等，1994；刘雪亚等，1995）。除在本区北部中蒙边境一带见有西伯利亚板块残片零星分布外，区内 2／3 地域为哈萨克和华北板块所占据，另外 1／3 少的地区为巴丹吉林沙漠所掩盖。规模宏大的阿尔金大断裂从旧寺墩、经金塔和巴丹吉林沙漠覆盖区到恩格尔乌苏呈 NE 向分布，将研究区斜切为两部分，其西北侧为哈萨克斯坦板块马鬃山地体及其陆缘活动带，而东南侧为华北板块阿拉善地块。从区域地层分布特征看，华北板块阿拉善地块主要由新太古宙下阿拉善群和古元古宙上阿拉善群片麻岩、混合岩和斜长角闪岩以及新元古宙青白口系乌兰哈夏群变质粉砂岩、板岩和大理岩所构成。相比

* 本项研究得到国家自然科学基金项目（编号：40073015）和国家地质调查项目（编号：K1.3.32）资助
第一作者简介 聂凤军，男，1956 年生，研究员，博士生导师，从事金属矿床地球化学研究。

之下，哈萨克斯坦板块主要由长城系的白湖群和蓟县系平头山群变质砂岩、板岩、结晶灰岩和大理岩组成。鉴于这两个古板块长期处于隆升和剥蚀状态，因此，古生代和中新生代地层出露范围十分有限。受古板块多期次碰撞对接影响，研究区内不同时代花岗闪长岩、二长花岗岩和黑云母花岗岩侵入岩株（基）以及闪长岩、辉绿岩和细晶岩脉分布广泛，其中以海西期花岗岩类最发育，并且与金矿化具密切时空分布关系。另外，区内各种规模和延伸方向不同的断裂构造遍布全区，在这些构造中，东西向断裂被认为是重要的导矿构造，而北西向和北东向断裂被看作为容矿构造（黄典豪等，1997；杨岳清等，2001）。

## 2　金矿床基本地质特征

### 2.1　朱拉扎嘎金矿床

（1）地质背景。该矿床地处华北板块阿拉善地块西北缘，赋矿层位主要为新元古宙青白口系乌兰哈夏群朱拉扎嘎毛道组第二岩性段，主要岩性为变质钙质砂岩、粉砂岩、绢云板岩、凝灰质板岩、微晶大理岩和薄层流纹岩（杨岳清等，2001）。同国内外其它浅变质岩地区金矿床一样，金矿床范围内不同时期和各种规模的断裂构造十分发育，其中钙质粉砂岩和板岩之间的层间破碎带是重要的导矿与容矿构造（聂凤军等，2000）。此外，除了在金矿床东南部产出有辉长岩和花岗斑岩岩株外，含矿变质沉积岩地层中海西期中酸性岩脉分布广泛，并且同金矿化具密切空间分布关系，脉岩类型有斜闪煌斑岩、闪长玢岩、辉绿玢岩和花岗细晶岩，它们分别是成矿期前、同成矿期和成矿期后构造-岩浆活动的产物（杨岳清等，2001； 江思宏等，2001a,b）。

（2）矿体地质特征与矿石类型。矿区范围内先后发现和圈定金矿体 66 条，金矿化大都呈层状、似层状和透镜体状沿特定层间破碎带分布，容矿围岩为钙质粉砂岩和板岩。金矿体多呈群或带分布，总体走向 30°～50°，倾向 SE，倾角 30°～50°，单个矿体长 10 余米到 300 m，厚几十厘米到几米，延伸为 200 m。另外，金矿体沿走向出现明显分支、复合、膨大、收缩和尖灭现象。

根据自然产出状态，金矿石大体可划分为两类，即原生硫化物型和次生氧化物型，其中前者又可进一步划分为：① 变质砂岩型；② 蚀变岩型；③ 石英脉型。在第①类金矿石中，绿泥石、阳起石、磁黄铁矿和黄铁矿大都沿沉积岩层理分布，局部构成条带状金矿石；第②类矿石是含矿流体对含金火山岩或沉积岩进行不同程度交代的结果，原岩结构构造较为少见或根本不存在，主要由阳起石、透辉石、绿帘石、方解石、石英和硫化物组成；第③类矿石大都是斜切沉积岩层理和层间破碎带的含黄铁矿-黄铜矿石英脉。

（3）矿物组分和金的赋存状态。金矿石金属矿物组分相对简单，主要有磁黄铁矿、毒砂、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿和闪锌矿；金矿物有自然金和银金矿，前者约占矿石中全部金含量的 85%。脉石矿物主要有阳起石、透辉石、绿泥石、绢云母、方解石和石英。矿石中 Au 的含量一般为 $2\times10^{-6}$～$3\times10^{-6}$，局部地段为 $8\times10^{-6}$～$10\times10^{-6}$。

（4）热液蚀变与地球化学特征。尽管矿体围岩热液蚀变不具明显分带特征，但是富金地段常常分布有透辉石化、阳起石化、绿帘石化、冰长石化、硅化、绿泥石化和碳酸盐化，其中阳起石化、碳酸盐化和绢云母化与金矿化具密切空间分布关系。金矿体顶部或旁侧围岩中 Au、Cu、Pb 和 Zn 的峰值分别为 $380\times10^{-9}$，$120\times10^{-6}$，$200\times10^{-6}$和 $500\times10^{-6}$，As 的峰值多大于 $200\times10^{-6}$，Cu-Pb-Zn-As-Sb-Bi-Mo 元素组合异常是在本区寻找此类金矿床的有效地球化学标志。

### 2.2　老硐沟金矿床

（1）地质背景。该矿床位于哈萨克斯坦板块马鬃山中间地块东南侧，赋矿层位主要为蓟县系平头山群钙泥质板岩、结晶灰岩和白云质大理岩，局部地段见有粉砂岩、板岩。金矿区范围内近东西向和北北西向断裂破碎带发育，单个断层长约几十米至数百米，宽几米到几十米，局部地段为含金中基性岩脉所充填。海西期斑状花岗岩呈岩株状侵位于平头山群变质岩地层，并且沿岩体与碳酸盐地层接触带形成夕卡岩条带，局部地段还产出有夕卡岩型铜-铁矿化。另外，闪长玢岩和辉绿岩脉多沿北西向和近东西向断裂产出，分别为成矿期前和同成矿期岩浆活动的产物（黄典豪等，1997）。

（2）矿体地质特征与矿石类型。矿区范围内先后发现和圈定金矿（化）体 19 处，其中以 1 号和 98 号矿体规模最大和品位最高。限于篇幅，这里仅以 98 号矿体为例，简述矿体地质特征。金矿化在白云质大理岩中呈脉状和透镜状产出，其空间分布形态完全受一近东西向断裂带控制，矿体长约 254 m，厚 1～18 m，垂直开采深度达 50 余米。一般来讲规模较大和品位较高的富矿囊多在北西向与近东西向断裂交汇处产出（黄典豪等，1997）。

在老硐沟矿区，除局部地段产出有含金石英脉和含金夕卡岩条带外，所有具工业价值金矿体均由次生氧化型金-铅-银-砷矿石所组成，金矿石元素组合和品位高低均取决于矿体的出露标高和次生淋滤（氧化）带的发育程度。金矿石一般呈黄、黄绿和红棕色、具土块状、峰窝状和块状结构构造，在喀斯特溶洞中，金矿石为肾状次生碳酸盐类所包裹。

（3）矿物组合和金的赋存状态。原生硫化物型矿石金属矿物为毒砂、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、自然金、自然银和螺状硫银矿，脉石矿物有石英和方解石；次生氧化型金矿石金属矿物为臭葱石、菱砷铅矾、褐铁矿、针铁矿、砷钙锌石、自然金、自然银和角银矿，脉石矿物有石英、方解石和蛋白石。98 号矿体 Au 的平均品位为 $11\times10^{-6}$，Pb 为 4.76%，Ag 为 $102\times10^{-6}$ 和 As 为 6.2%。

（4）热液蚀变与地球化学特征。原生含金石英脉围岩热液蚀变有硅化、绢云母化和绿泥石化，次生氧化型金矿体的围岩蚀变有高岭土化和褐铁矿化。区域范围内，Au 元素异常点（带）分布广泛，并且伴生有 Ag、Pb、As、Sb、Hg、Bi 和 Sn 元素组合异常，其中 Au、Pb 和 Ag 的峰值分别为 $19.7\times10^{-9}$，$207\times10^{-6}$ 和 $0.17\times10^{-6}$，Sb 和 As 异常峰值分别为 $21.6\times10^{-6}$ 和 $88\times10^{-6}$，元素组合异常点或带的展布方向与区域性东西向断裂构造带相一致。

## 3 成矿机理

中新元古宙时期，本区处于陆棚架或浅海盆地环境，海底火山喷发活动与古陆的风化剥蚀作用形成了含火山物质的硅酸盐－碳酸盐沉积岩系，局部地段形成含金富硫的条带或薄层沉积物。受早古生代哈萨克斯坦与华北古板块碰撞对接的影响，本区早期形成的沉积岩层发生低级序变质作用，进而形成泥板岩和页岩，局部地段出现片岩。与此同时，原岩地层中的金发生活化富集，进而在碳酸盐岩地层中形成 Au 丰度高达 $83\times10^{-9}$ 的矿源层或矿胚，为后期金的富集成矿奠定了物质基础。海西期时，本区发生强烈构造-岩浆活动，大规模花岗质岩浆的上侵定位，不仅形成了星罗棋布的花岗岩类岩基、岩株、岩墙和岩脉群，同时也为金的成矿作用提供了热动力和物质来源。源于岩浆的热流体与部分变质流体混合所产生的热液体系以富 Au、$CO_2$、$Cl^-$ 和少量 $CH_4$ 为特征，这种含金混合流体沿有利构造部位（如层间破碎带和断裂交汇处）上涌，并且对矿源层和含矿围岩进行淋滤和萃取，致使金、银和铜等成矿组分发生活化迁移，并且在特定部位沉淀和聚集，形成低品位金矿床。金矿体形成后长期裸露地表接受风化淋滤，造成金发生次生富集作用，进而形成具工业价值金矿床。

## 4 初步结论

（1）尽管朱拉扎嘎与老硐沟金矿床在容矿围岩类型、矿体产状和矿物组合上存在一定差异，但是它们在地质背景、成矿环境和形成过程方面存在许多相似之处，均经历过大体相同的成矿作用演化过程。

（2）两金矿床均受一定层位控制，老硐沟金矿床产出于蓟县系平头山群碳酸盐岩地层中，而朱拉扎嘎金矿床的容矿围岩为青白口系朱拉扎嘎毛道组钙质粉砂岩和板岩，金矿体的几何形态大多数受层间破碎带和不同方向断裂交汇处控制。

（3）两处金矿床的深部或旁侧均分布有海西期花岗岩类侵入岩，海西期构造-岩浆活动为金矿床的形成提供部分物质、动力和热力来源。

（4）金矿体多由原生硫化物型和次生氧化物型金矿石组成，次生氧化型矿体以露头宽大、产状稳定、

规模较大和品位较高为特征，易于大规模露天开采与堆浸，经济效益极为可观。

（5）尽管这两处金矿床均不具典型的热液蚀变分带现象，但是原生含金石英脉旁侧的硅化、绢云母化和绿泥石化以及次生氧化物型金矿体的褐铁矿化和高岭石化十分发育，是重要的找矿标志。

（6）阿拉善及邻区中新元古宙裂陷盆地比较发育，浅变质岩地层分布广泛和金异常点（带或群）星罗棋布，是开展变质热液型金矿床理论研究与找矿勘查工作的理想场所。

## 参 考 文 献

甘肃省地质矿产局. 1989.甘肃省区域地质志. 北京：地质出版社. 1～692.

黄典豪、王宝林.1997. 额济纳旗老硐沟氧化-淋滤型金矿床成矿特征. 贵金属地质，6（2）：93～100.

江思宏，杨岳清，聂凤军，等. 2001b. 内蒙古朱拉扎嘎金矿矿床地质特征. 矿床地质， 20（3）：234～242

江思宏，杨岳清，聂凤军，等.2001a.内蒙古西部朱拉扎嘎金矿硫、铅同位素地质学研究. 地质论评，47(4)：438～445

刘雪亚，王荃. 1995. 中国西部北山造山带的大地构造及其演化. 地学研究，28，37～48.

内蒙古自治区地质矿产局. 1991. 内蒙古自治区区域地质志. 北京：地质出版社，1～692.

聂凤军、江思宏、张建华. 2000. 华北地台沉积岩型金矿床的找矿勘查意义. 黄金地质，6（1）：15～21.

王廷印、王士政、王金荣，等. 1994. 阿拉善地区古生代陆壳的形成与演化. 兰州：兰州大学出版社，1～215.

杨岳清、江思宏、聂凤军，等. 2001. 朱拉扎嘎金矿地质特征及成因研究. 地质与资源，10（3）：146～152.