

新疆阿尔泰诺尔特地区金矿的成矿规律*

袁旭音 周华平

(南京地质矿产研究所, 南京)

提 要: 阿尔泰诺尔特地区金矿主要赋存于石炭系, 赋矿岩石主要是火山-沉积岩系, 矿石有蚀变岩型和石英脉型两种: 前者 Au 元素与 As、Sb 元素关系密切, 含金矿物主要为毒砂; 后者与 Ag、Fe 元素关系密切。金矿石的稀土元素特征、硫铅同位素与围岩一致, 氢氧同位素组成显示成矿流体属于混合水, 其中大气降水占很大比重。包裹体测温 and 成分分析表明, 成矿流体属于低盐度, 成矿温度为低温, 结合冰长石的发现, 本区金矿床属浅成低温热液矿床是明显的。同位素年龄测定表明, 金矿的主成矿期为燕山期。

关键词: 金矿 成矿规律 诺尔特 新疆阿尔泰

1 概述

诺尔特金多金属矿带位于新疆阿尔泰东北部, 向西北一直延伸到蒙古境内, 它主要由元古代基底和晚古生代盖层(主要为泥盆系—石炭系)组成, 区域总体构造方向为 NW 向。由于研究区交通不便, 每年的工作时间较短, 使得总体基础研究程度不高, 从目前的资料来看, 诺尔特铅、锌、金成矿带是阿尔泰 3 个成矿带中最需要进一步研究的成矿带^[1]。

元古代基底主要由一套混合岩、片麻岩、片麻状花岗岩, 角闪岩组成, 称为富蕴群, 这一套变质岩在诺尔特金、多金属成矿带大面积分布, 它们的年龄大致在 7~11 亿年^①, 表明主要属于晚元古代岩石。泥盆系主体属碎屑岩建造, 以粉砂岩、细砂岩为主, 夹一些中酸性火山岩; 石炭系为火山-沉积岩系, 除粉砂岩, 砂岩和少量碳酸盐岩外, 尚有大量的酸性火山碎屑岩和熔岩。

诺尔特地区金矿均产于石炭系上部, 含矿岩性为凝灰岩、碎斑熔岩和凝灰质粉砂岩, 属于石炭纪地层的 b 段和 c 段^[2], 金矿与断裂活动关系密切, 在空间上常常与铅锌矿共生。

2 金矿的地质特征

2.1 阿克提什坎金矿

阿克提什坎金矿是一个复合型金矿, 既有蚀变岩型金矿, 又有石英脉型金矿。矿区既有泥盆纪地层, 又有石炭纪地层, 蚀变岩型金矿赋存于石炭系 b 段, 石英脉型金矿赋存于石炭系 c 段。

* 国家 305 项目资助 (编号 96-915-02-04)

袁旭音, 男, 1964 年生, 硕士、副研究员, 从事矿床学研究, 发表论文十多篇。邮政编码: 210016

① 陈毓川等, 1995, 阿尔泰黄金有色金属开发区成矿地质条件与矿产资源评价研究, 16~17 页

蚀变岩型金矿主要产于火山岩与沉积岩接触部位, 主要含矿岩石为凝灰岩和碎斑熔岩。主要蚀变作用有硅化、冰长石化、毒砂化, 黄铁矿化和绢云岩化, 其中毒砂化与金矿化关系最为密切。在矿石中 As 的含量与 Au 的含量成正比。矿石中主要含金矿物为毒砂, 冰长石化是本金矿特有的蚀变, 研究表明, 冰长石是与金矿化有关的低温热液交代产物。

石英脉型金矿主要赋存于流纹斑岩中, 含矿石英脉大多为 2~4 条石英脉组成的复脉, 单脉大多长 20~70 m, 宽 0.3~1 m, 复合脉宽 1.5~2 m, 长可达 100 m 多。石英脉大多呈褐红色, 少量为灰白色, 其中前者含 Au 好, 后者含 Au 稍差。

石英脉中含 Au 明显与 Fe 质有关, 在含金石英脉样品可以见到明显的褐铁矿孔洞、黄铁矿的假象及少量黄铁矿, 也就是说, 石英脉越纯, 含金性越差。这类矿石中 Au 与 Ag、Fe 有一定的相关关系, 而与 As 等其他元素则不相关。

2.2 托格尔托别金矿

矿区主要由石炭纪地层组成。矿体赋存于石炭系 b 段, 含矿层位是毒砂化的砂岩—细砂岩层, 砂岩主要由粘土和钙质胶结的石英颗粒组成, 后者磨圆度较好, 砂岩层下部与凝灰质粉砂岩接触, 上部与石英斑岩接触, 中间可能存在层间断裂。金矿带长约 2~3 km, 宽约 3~12 m, 矿带延伸与地层、片理方向基本一致, 并且延伸层位稳定。

主要围岩蚀变有毒砂化、黄铁矿化、绢英岩化、硅化、绿泥石化、叶蜡石化、铅锌矿化和磁铁矿化, 矿石中主要金属矿物有毒砂、黄铁矿、辉锑矿、辉铁锑矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿和黄铜矿。毒砂呈针状和短柱状, 常常氧化成褐铁矿。托格尔托别的特征矿物为辉锑矿和辉铁锑矿, 它们常常与毒砂共生, 这种岩石的含金性较好。矿石微量元素分析表明, 托格尔托别金矿中 Au 与 As、Sb 关系密切, 它们基本上呈正相关关系。

如上所述, 诺尔特地区金矿与 As 元素关系特别密切, 其次是 Sb、Ag、Fe, 而与其他元素的关系不明显。

3 金矿的地球化学特征

3.1 金矿主岩和围岩的稀土元素特征

无论是红山嘴组 b 段岩石, 蚀变岩还是金矿体, 其稀土元素配分型式均属轻稀土轻度富集型, 个别的轻重稀土含量相差不多, 其 LREE/HREE 为 0.947~5.854, δEu 从 0.350~0.754, δCe 从 0.858~1.166, 从总体稀土配分曲线看, 金矿体的配分曲线与蚀变岩、围岩的配分曲线类似, 但总量有所减少, 金矿体的 Eu 负异常较蚀变岩和围岩更明显。说明金矿成矿物质来自围岩, 只是在成矿过程中某些元素有迁移。

3.2 金矿的硫、铅同位素特征

由于硫同位素组成取决于当时的物化条件, 因此对硫同位素的解释应与其他因素结合起来, 我们分析的 3 个硫同位素组成 $\delta^{34}\text{S}$ 分别为 5.6‰、7.8‰和 6.8‰, 与酸性岩平均 $\delta^{34}\text{S}$ 值 (5.1‰) 接近^①, 至少说明成矿没有地幔或地壳深部物质的参与。

铅同位素组成是说明成矿物质来源的较好特征, 表 1 系矿石和围岩的铅同位素组成。从

① 卢长武主编, 1986, 稳定同位素地球化学, 成都地质学院, 163 页

表1来看, 矿石和围岩的铅同位素组成是可以对比的, 也就是说矿石和围岩的铅源是一致的。但它们之间也略有差异, 主要表现在 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 上, 矿石的 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 略大, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 则略小。这种差异是成矿作用中混入少量其他铅源引起的。将铅同位素组成投影在 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图解上, 可以看出无论是金矿石还是围岩, 它们的投影均接近于造山带, 可以认为它们的铅同位素具有混合的特征, 这从 U_{mix} 值也能看出。

表1 诺尔特区围岩和矿石铅同位素组成

样号	测定矿物	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	U_{mix}
HAT-29 围岩	全岩	18.824	15.508	38.557	12.86
HB-2 围岩	全岩	18.376	15.468	38.226	11.19
HAE-3 矿石	长石	18.952	15.488	38.026	15.16
HAT-04 矿石	方铅矿	18.353	15.528	38.138	10.12
HATD-6 矿石	长石	18.690	15.522	38.047	11.76

3.3 金矿的氢氧同位素特征

我们对金矿区的石英和蚀变岩进行了氢氧同位素分析, 分析数据见表2。从总体上说, 矿区的 δD 一般从 -84‰ ~ -115‰ , $\delta^{18}\text{O}$ 为 10.6‰ ~ 15.6‰ , 个别的负值偏低, 正值也偏小, 这可能是同位素未达到平衡所致^[4]。从数据上分析, 西部的托格尔托别金矿的负值较大, 可能混入较多的大气降水。经过石英包裹体均一法测温, 成矿流体的形成温度大致是 $195\sim 270\text{ }^{\circ}\text{C}$, 并根据相应的温度换算水的氧同位素, 得出的结果是阿克提什坎矿区 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为 0.72‰ ~ -7.1‰ , 托格尔托别矿区的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为 -7.21‰ ~ -5.15‰ , 在热液体系 δD - $\delta^{18}\text{O}$ 图上投点, 可以看出成矿流体明显属于一种混合水, 其中大气降水占很大比例, 特别是托格尔托别矿区, 大气降水的比重更大。

表2 诺尔特区矿石和蚀变岩的氢氧同位素组成

样号	矿石(岩石)名称	$\delta\text{D}/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{‰}$
HATD-6	黑云母二长花岗岩	-99	10.6
HATD-26	石英(矿石)	-92	15.6
HAT-3K	石英(矿石)	-84	13.1
HAT-04	石英(矿石)	-90	14.1
HAT-29	绢英岩	-88	12.0
KKYH-3	石英(矿石)	-70	13.11
KKYH-3	石英(矿石)	-90	5.17
TSP-4	石英(矿石)	-75	13.64
TPA-31	绢英岩	-102	12.95
TC1301-5	绢英岩	-115	13.11

3.4 成矿流体的物化参数特征

阿克提什坎金矿石包裹体成分特征为 K^+/Na^+ 2.29, $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ 4.67, $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$ 39.67 (平均), 成矿热液可能受到侵入岩体的影响(姜节齐, 1980)。经计算本区金矿主成矿阶段流体平均矿化度为254.83, 与阿尔泰西部的多拉纳萨依金矿相似^[3], 还原参数为

17.02, 比多拉纳萨依金矿高出一倍多, 表明区内金矿形成于强还原环境。

成矿流体盐度采用包裹体冰点降压法或子晶消失温度进行实测。实测结果表明, 成矿流体盐度 (NaCl) 在 8.27%~9.86%, 平均 9.20%, 基本属于低盐度成矿溶液。成矿流体的密度为 0.726~0.899 g/cm³, 平均 0.814 g/cm³。

成矿温度根据矿石中石英包体均一法测定, 温度变化范围为 159~241℃, 平均 195℃。用 Petter 压力校正图校正, 获得主成矿阶段成矿温度为 195~270℃, 平均 230℃, 属中低温热液矿床。根据镜下观察确定包裹体类型主要为 NaCl-CO₂-H₂O 体系, 成矿压力利用该体系亨利系数图解计算估算而得, 均一温度取实测值 195℃, NaCl 摩尔浓度为 1.57 mol/l, 最后获得 26.26 MPa 的成矿压力。

经计算的其他物化参数, 氧逸度 ($\lg f_{O_2}$) 为 -38.38~-59.83, 平均 -48.79, 硫逸度 ($\lg f_{S_2}$) 为 -11.0~-12.0, 平均 -11.5, 属较强的还原环境, 通过包体成分计算, 获得的成矿溶液 Eh 值为 -0.73 (V), 实测获得的 pH 值为 6.63, 基本属于中性溶液。

4 金矿的成矿时代

对于金矿的成矿时代一般依据同位素年龄和整个区域背景来确定, 诺尔特地区主要岩浆岩和蚀变岩的 K-Ar 年龄大部分在 $(82\sim133)\times10^6$ a, 个别花岗岩年龄在 303×10^6 a, 此外我们对含矿蚀变岩做了 Ar-Ar 坪年龄, 获得的数据是 133×10^6 a 左右。结合上述的成矿溶液特点, 我们认为本区金矿并非石炭系同期成矿, 其主要成矿时代应该是燕山期, 燕山期是本区岩浆活动高峰, 这期间形成了大量的花岗岩类, 为成矿作用提供了热源和部分矿质, 并在区域性断裂附近形成矿体就位空间并成矿, 这与本区金矿均处于断裂部位是相符合的。

5 结 论

- (1) 诺尔特地区金矿的 Au 元素与 As、Sb 关系密切, 主要含金矿物是毒砂。
- (2) 金矿的成矿物质主要来自围岩, 也即上地壳金矿化是由断裂热液活动引起。
- (3) 金矿的主要成矿热液为混合水, 其中以大气降水为主, 成矿热液为低盐度流体, 金矿均属浅成低温热液矿床。
- (4) 金矿的主要成矿时代是燕山期。

参 考 文 献

- 1 成守德. 中国新疆北部及邻区贵重有色金属成矿说明书. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996, 20~23.
- 2 袁旭音, 朱韶华, 周华平等. 阿尔泰诺尔特地区地层-岩浆-构造轮廓初析. 新疆地质, 1996, 4 (1): 1~11.
- 3 朱韶华, 董永观, 肖惠良. 阿尔泰原生金矿成矿地球化学特征. 地球化学, 1994, 23 (增刊): 58~67.
- 4 张理刚. 稳定同位素在地质科学中的应用. 西安: 陕西科技出版社, 1985, 121~148.