

同德县加吾金矿床地质特征及矿床成因、 成矿模式探讨

袁士松^{1, 2}, 金宝义, 闫家盼, 喻万强, 韩先菊, 张玉杰

(1 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083; 2 中国人民武装警察部队黄金地质研究所, 河北 廊坊 065000)

加吾金矿位于青海省同德县巴沟乡境内, 是我部近年来在青海省中东部发现的一大型微细浸染型金矿床。2005 年, 我部开始进入加吾地区开展工作; 目前, 该矿床已累计提交探明金资源量 (333+334) 21182kg。本文主要对该矿床进行了元素地球化学、同位素地球化学分析, 并结合野外地质工作总结了该矿地质特征, 分析了控矿因素和找矿标志, 并对矿床成因及模式开展了探索性研究, 希望能有助于提高对该区金矿地质特征的认识, 并为下一步找矿工作提供参考。

1 成矿地质背景

加吾金矿床在大地构造位置上处于西秦岭造山带与东昆仑造山带的衔接部位, 属共和—同德三叠纪深水盆地, 在成矿区带划分上属共和—同德 Au 多金属成矿区, 向东与西秦岭成矿带相邻。区内出露地层简单, 以中下三叠统隆务河群为主, 为一套巨厚的具复理石韵律层的砂、泥碎屑岩系, 属滨-浅海沉积建造; 构造变形复杂多样, 以北北西向压扭性断裂为主, 区内岩浆岩均为印支期产物, 呈岩株或岩脉产出。

2 矿床地质特征

2.1 矿体地质特征

目前, 区内共发现金矿脉 22 条, 其中主矿脉 5 条, 分别为 502[#]、503[#]、504[#]、509[#]、401[#]号脉。

矿脉多产于碳质板岩夹砂板岩中, 受北西向层间破碎蚀变带控制, 由碎裂蚀变岩化、黄铁矿化碳质板岩夹砂质板岩及石英脉 (团块) 构成, 矿脉在平面上呈舒缓波状, 在剖面上呈脉状。

2.2 矿石特征

按工业类型又可分为碎裂蚀变岩型和石英脉型, 以前者为主, 石英脉型金矿石中金含量较高, 为富矿石。碎裂蚀变岩型矿石中石英脉亦较发育, 金品位变化与岩石碎裂蚀变程度和石英脉含量成正相关关系; 由碳质板岩角砾、砂质板岩角砾、细小岩屑及粉末状物质组成矿石矿物组份简单, 有黄铁矿、毒砂、褐铁矿, 其次有黄铜矿、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿; 脉石矿物有石英、方解石、绢云母等。矿等。本次镜下分析结果显示, 金以微细粒金或晶格金分布于黄铁矿、毒砂、褐铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿及石英等载金矿物中。矿石元素含量统计结果表明, ①矿石中除 Au 外, 还含一定量的 Ag、Cu、Pb、Zn 等, 并在局部地段形成工业矿体, 可综合回收利用; ②矿石中 As 及有机碳含量偏高, 对矿石选冶不利; ③原生矿石比氧化矿石金品位要低, 显示矿石向深部有贫化趋势。对区内 776 件样品 11 种微量元素分析结果进行了相关性分析, 结果表明, Au 与 As、Sb、W、Hg 为正相关, 在 R 型聚类谱系图上, 当相关系数 $R > 0.3$ 时, 表现为 Au-Cu-Pb-Zn-As-Sb-Bi-W 元素组合, 与区内水系沉积物测量综合异常元素组合基本一致, 以低温元素为主, 又有高温元素; 当 $R > 0.35$ 时, 表现为两组元素组合, 即 Au-As-(W)-Sb 元素组合和 Cu-Zn-Bi-Pb 元素组合, 反映了金成矿过程与本区低温成矿流体活动有关。

2.3 围岩蚀变

矿床围岩蚀变主要有硅化、黄铁矿化、毒砂化、褐铁矿化、绢云母化、高岭石化、碳酸盐化、绿泥石化等, 总体表现为浅成低温热液蚀变特征, 其中硅化、黄铁矿化、绢云母化、高岭石化、碳酸盐化在区内广泛发育。从矿体到围岩有一定的蚀变分带现象, 表现为近矿部位硅化、黄铁矿化较强, 而远矿部位碳酸盐化、高岭石化较发育。

3 矿床地球化学特征

3.1 流体包裹体地球化学特征

流体包裹体观测表明, 石英中流体包裹体较发育, 直径一般 3~10 μ m, 室温下相态较单一, 主要为 2 相气液包裹体, 气液比 10%~30%, 形态呈长条状、米粒状、不规则状、不完全负晶状等。均一温度范围为 142~361 $^{\circ}$ C, 主要集中于 180~300 $^{\circ}$ C。流体包裹体盐度范围为 2.24%~17.34%, 主要集中在 4%~9% 之间。显示成矿流体主要为中低温、低盐度流体。根据相关公式得出本区密度为 0.80~0.88 g/cm³, 估算出加吾金矿流体捕获的压力约为 46 MPa。将获得的压力视为静岩压力, 按照 27 MPa/km 来换算成矿深度, 得到加吾金矿成矿深度约为 1.70 km, 为中浅成。流体包裹体成分分析结果表明, 气相成分以 H₂O 和 CO₂ 为主, 存在一定量的 N₂、CH₄ 和 O₂。液相组分中阳离子含量从高到低顺序依次为 Ca²⁺、Na⁺、Mg²⁺、K⁺, 而阴离子以富 NO₃⁻、Cl⁻、SO₄²⁻、贫 F⁻ 为特点。

3.2 稀土元素地球化学特征

REE 分析结果表明, 矿区不同岩石、矿石的 REE 含量变化不大, 稀土元素总量 Σ REE 变化范围为 47.9 $\times 10^{-6}$ ~173.9 $\times 10^{-6}$ 。

其中,地层岩石的 ΣREE 含量最高,平均值达 153.3×10^{-6} ;其次是岩浆岩,平均值为 90.19×10^{-6} ;最低是石英脉,其值为 66.33×10^{-6} 。 REE 分布图呈较陡的向右倾斜的曲线,但平滑性较差,呈浅谷V字型, δEu 为 $0.59 \sim 0.94$,显示弱Eu异常, LREE/HREE 为 $5.44 \sim 20.76$,表明轻稀土相对富集。总体而言,矿石或矿化地层岩石与地层岩石以及岩浆岩的 REE 组成模式较为相似, REE 分量吻合较好,反映矿石继承了围岩的物质成分。

3.3 稳定同位素地球化学特征

(1) 硫同位素组成

硫同位素组成测试结果表明,加吾金矿硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 介于 $-12.7\text{‰} \sim -0.1\text{‰}$ 之间,平均值为 -4.4‰ ,整体以较小的负值为特征;其中,石英脉型及碎裂蚀变岩型矿石(碳质板岩)变化范围为 $-4.7\text{‰} \sim -0.1\text{‰}$,平均值为 -2.15‰ ,略大于一般中低温热液金矿床的硫值(-3.5‰),与陨石硫对比略富集轻硫;矿体围岩(变砂岩、花岗斑岩、砂质板岩)变化范围为 $-12.7\text{‰} \sim -3.0\text{‰}$,平均值为 -6.28‰ 。

与国内外其它微细浸染型金矿相比,加吾金矿不同于美国卡林金矿(其围岩中黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $11.7\text{‰} \sim 14.3\text{‰}$,矿石中黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $4.2\text{‰} \sim 16.1\text{‰}$,均以较高的正值为特征),也不同于我国滇黔桂地区的板其金矿床(其围岩中黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $9.5\text{‰} \sim 17.7\text{‰}$,矿石中黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $6.7\text{‰} \sim 14.7\text{‰}$),我国西秦岭地区的李坝金矿、金山金矿、三人沟金矿等矿石与围岩硫同位素也是以较高的正值为特征,而阳山、东北寨金矿矿石与围岩硫同位素组成则较为分散(变化范围分别为 $-3.47\text{‰} \sim 13.23\text{‰}$ 和 $-30\text{‰} \sim 30\text{‰}$),加吾金矿明显不同于这些微细浸染型金矿,其围岩与矿石硫同位素组成均为较小的负值。

(2) 氢氧同位素组成

对加吾金矿矿石中石英细脉中石英进行氢氧同位素分析,结果表明, $\delta^{18}\text{O}$ 石英为 $15.0\text{‰} \sim 16.7\text{‰}$, δD 为 $-88\text{‰} \sim -71\text{‰}$,计算获得的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为 $4.81\text{‰} \sim 8.64\text{‰}$,表明加吾金矿成矿流体为岩浆热液与大气降水的混合流体。在 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 图上,本区氢氧同位素组成投影点位于原生岩浆水下方,只有一个点位于原生岩浆水范围内,而与我国西秦岭地区的微细浸染型金矿极为相似。

4 探讨与结论

4.1 矿床成因探讨

研究表明,加吾金矿床具有以下几点地质特征:

(1)在大地构造位置处于西秦岭造山带与东昆仑造山带衔接部位,属西秦岭地块与柴达木地块俯冲碰撞过渡带。矿体赋存于中下三叠统隆务河群地层中,为一套具复理石韵律层的砂、泥碎屑岩系,富硫和有机碳,同时金丰度也较高($5 \sim 44 \times 10^{-9}$),是加吾金矿床成矿过程中的有利层位。在宏观上,加吾金矿床受构造蚀变带控制明显,北西向及近东西向构造蚀变带控制了矿区内主要矿脉及水系沉积物异常展布,工业矿体与地层、构造蚀变带产状基本一致,表明矿体受层间破碎蚀变带的控制。

(2)矿石特征研究表明:矿石类型以破碎蚀变岩型为主,主要金属矿物为黄铁矿和毒砂等,而载金矿物主要为黄铁矿、毒砂及石英等,金以微细粒金或晶格金分布于载金矿物中。矿石微量元素含量研究表明:矿石中Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Bi、Hg、W等元素较为富集,并且Au与As、Sb、W、Hg为正相关,显示加吾金矿床的金成矿与富含Au、As、Sb、Bi、Hg等低温元素的成矿流体活动有关。

(3)矿床地球化学研究表明:成矿流体为浅成中低温、低盐度热液,为岩浆热液与大气降水的混合流体;稀土元素特征反映矿石继承了围岩的物质成分;硫同位素组成特征显示出成矿流体中的硫有地层硫和再循环的岩浆硫两种来源。综合反映了加吾金矿成矿作用与沉积岩及岩浆岩均有一定内在联系。

总之,加吾金矿床与我国滇黔桂地区以及西秦岭地区的微细浸染型具有可类比的地质地球化学特征,但又存在明显不同,加吾金矿床是受破碎蚀变带控制的、赋存于中下三叠统砂、泥碎屑岩系地层中的、与印支晚期岩浆活动有关的金矿床。该类矿床在国内通常称为中低温热液型金矿床或构造蚀变岩型金矿床,我们认为该矿床成因类型属于含碳浅变质碎屑岩一中低温热液型矿床,工业类型上可以归属为微细浸染型金矿床。

4.2 成矿模式探讨

结合区域构造演化(张国伟等,2003;孙延贵,2004)特征,我们认为加吾金矿床成矿模式可以归纳为:早中三叠世,共和一同德地区属于前陆复理石盆地,伴随着滨-浅海相碎屑岩的形成,沉积了一套Au、Ag、Pb、Zn、As、Sb、Hg等元素含量较高的砂、泥质地层,中三叠世晚期开始的印支运动使地层遭受区域浅变质过程,金等被初步富集,形成了这些元素区域上的高丰度背景,为区域上金矿床的形成提供了物质基础。

中晚三叠世,伴随东古特提斯洋北支有限洋盆向北俯冲碰撞闭合、扬子板块与华北板块碰撞拼合、西秦岭地块被向西挤出并持续向柴达木地块俯冲,区域进入全面的陆内俯冲碰撞造山过程,区域广泛发育一系列近东西向横推走滑断层和推覆构造等,在研究区派生一系列北西及近东西向次级断裂;伴随着强烈的构造运动,印支晚期中酸性岩浆岩侵入,在加吾矿区下形成花岗闪长岩体和花岗斑岩脉,岩浆期后热液沿次级断裂带携带部分矿质上升,并与大气降水发生循环,同时从围岩中萃取矿质,最终造成Au等矿质在断裂带内沉淀并富集成矿。

参 考 文 献 (略)