

铜矿峪变斑岩型含钼铜矿床 成矿作用及找矿预测

胡永胜

(中条山有色金属公司生产技术处, 山西省垣曲县)

提 要: 通过对铜矿峪矿床在含铜建造、矿床地质特征、地球化学特征等方面的综合论述, 探讨其成矿物质来源、矿床富集机制及成矿模式, 并对找矿远景进行预测。

关键词: 成矿作用 找矿预测 铜矿峪

中图法分类号: P618.41

铜矿峪铜矿床是产于前寒武古老变质岩地层中的一个大型铜矿床, 受到了国内外矿床学家的关注。本人在前人资料的基础上, 结合矿山工作对矿床地质的认识和研究成果, 对成矿作用、成因等问题进行论述。希望能对该矿床的认识有更进一步提高, 并对以后的找矿有所促进。

1 成矿地质背景

中条山位于华北地台南部山西陆台西南边缘弧内, 是一个前震旦纪变褶区。中条山地区出露地层最古老为太古宙涑水杂岩, 该区在新太古代- 古元古代 (相当于 25~ 27 亿年) 形成了长条形裂谷, 在裂谷拗陷带内, 堆积了巨厚的火山岩和沉积岩建造, 中条山绛县群形成明显“双峰”态特征的超钾质火山岩系, 中条群主要为陆源碎屑岩、泥质岩和碳酸岩等正常沉积建造。

区内有新太古代绛县期 (五台期) 中酸性浅成侵入活动, 元古宙中条期 (吕梁期) 酸性岩浆火山活动, 夏县期 (蓟县期) 中基性岩浆活动及燕山期中酸性岩浆活动。其中绛县期、中条期火山活动与区内铜矿床关系密切。已知铜矿床 20 多个, 特大型 1 个, 中—大型 5 个, 其余为小型。以中条山北段最为集中, 面积约 400 km², 探明铜储量 377.62 万吨。矿床类型有铜矿峪变斑岩型、胡篁远火山沉积变质型、落家河火山变质沉积型、横岭关沉积变质型、虎坪热液变质型铜矿等 8 类铜矿床。伴生可回收元素 Co、Au、Ag、S、Ga、Mo 等。不同类型的铜矿是中条山前寒武纪时期地壳演化过程中一定地质环境中 Cu 元素富集的产物。本文着重论述铜矿峪铜矿。

2 矿床地质特征

2.1 矿区地质特征

作者简介: 胡永胜, 男, 32 岁, 工程师, 矿产地质及找矿勘查专业。邮政编码: 043700
1999-03-26 收稿, 1999-05-12 修改回

铜矿峪矿床是一个与变质富钾火山杂岩有关的大型铜矿床(图1), 矿区地层属下元古界降县群铜矿峪组。铜矿峪组分布在中条山北东部, 出露长度约 20 km, 宽约 3 km, 厚 3300 m。铜矿峪铜矿产于该火山岩组南部的铜矿峪组变质火山岩层的中上部, 矿床所处地段岩层由老至新为变富钾流纹岩层、变富钾基性火山岩层、变凝灰质半泥质岩层。变富钾流纹岩层分布在矿区的南部, 厚度大于 1200 m, 由变富钾流纹岩和变富钾流纹质凝灰岩交替构成, SiO_2 70% ~ 74%, K_2O 7% ~ 8%, 平均含 Cu 120×10^{-6} 。变富钾基性火山岩层由黑云片岩、绿泥片岩组成, 厚 800 m, 具变余杏仁构造, SiO_2 45% ~ 53%, 中上部铜矿化十分普遍。变凝灰质半泥质岩层由绢英岩、绢英片岩组成, 具明显层理、沉积条带和韵律, 可见波痕和交错层, 夹层为变绿泥片岩、变石英晶屑凝灰岩、变石英斑岩、变石英二长斑岩、石英岩, 分布于矿区东部、北部、西部广大范围内, 厚 1300 m, 并伴有小规模频繁的钾质基性、酸性火山喷发。在火山活动的晚期, 有岩墙、岩床状的次火山岩相的侵入。

本区矿床主要赋存于变凝灰质半泥质岩层的变石英晶屑凝灰岩、变石英斑岩、变石英二长斑岩、黑云母片岩等火山-沉积岩含铜建造中。矿体受岩性控制明显, 区内不同类型矿体其含矿岩石、矿物成分、组分结构有明显区别, 主要含矿岩石为变石英晶屑凝灰岩、变石英斑岩、变石英二长斑岩。矿床顶盘围岩为绢云母石英岩及绢云母石英片岩; 底盘围岩为绿泥石英片岩及绢英岩。

矿区位于铜矿峪复式向斜的南翼。地层沿走向呈一舒缓的反“S”型构造, 次级褶皱少见。区内断裂构造发育, 褶皱次之。主要大断裂有两条, 一条为近 SN 走向的大豹沟铜矿峪平移正断层, 垂直断距 160 m, 水平断距 200 m, 延长大于 1500 m。此断层把 5# 矿体分割成东西两段, 致使断层两侧的地层产状发生扭曲; 另一条为变富钾流纹岩层与变富钾基性火山岩层之间的近 EW 向逆断层, 此断层因距矿体较远, 对矿体影响不大。

区内含铜石英脉、含铜方解石石英脉除沿片理贯入外, 常沿两组节理、裂隙充填。据矿

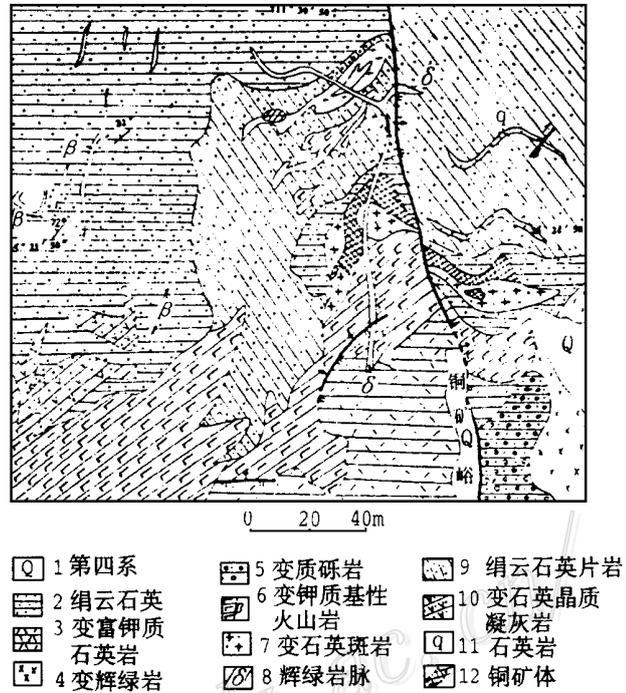


图 1 铜矿峪地区地质图

Fig. 1. Geological map of Tongkuangyu area.

- 1—Quaternary; 2—Sericite quartz; 3—Metamorphosed K-rich quartzite; 4—Meta-diabase; 5—Metamorphosed conglomerate; 6—Meta-potash basic volcanic rock; 7—Meta-quartz porphyry; 8—Diabase dike; 9—Sericite-quartz schist; 10—Meta-quartz crystalline tuff; 11—Quartzite; 12—Copper orebody.

体中大于1%的富铜矿脉圈定结果表明,有33%富矿,富矿脉与脉型矿化有关。矿体受韧性剪切构造带控制,韧性剪切带内断裂和次级构造为含矿热液活动提供通道,凡构造发育地段,其热液蚀变强烈,脉型矿化富集。片理、裂隙发育地段是矿体及富矿脉生成有利场所。

2.2 矿体地质特征

(1) 矿体形态及空间展布:铜矿峪矿区内共探明大小矿体百余条,其中以1[#]、2[#]、3[#]、4[#]、5[#]、6[#]、7[#]矿体为主要矿体(图2)。尤其以5[#]矿体最大,4[#]矿体次之,两者矿石量占矿区总量的90%以上,是目前矿山开采的主要矿体。1[#]、2[#]矿体已采完,3[#]矿体部分在750m标高左右与4[#]矿体合为一体。

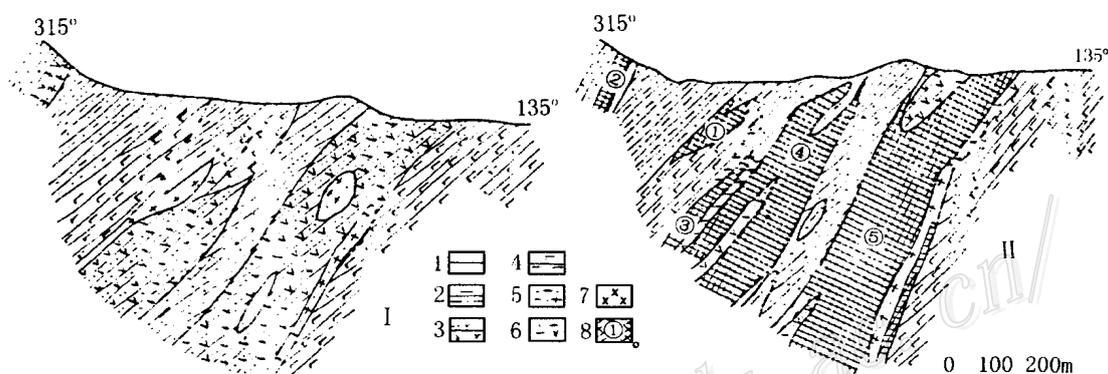


图2 铜矿峪矿床主要剖面岩石分布(I)及矿体分布(II)简图

1—绢云石英岩; 2—绢云石英片岩; 3—变石英晶屑凝灰岩; 4—变钾质基性火山岩; 5—变石英(二长)斑岩; 6—变花斑英安岩; 7—变辉绿岩; 8—铜矿体及编号

Fig. 2. Distribution of rocks (I) and orebodies (II) along main geological sections of the Tongkuangyu ore deposit.

1—Sericite quartzite; 2—Sericite quartz schist; 3—Meta-quartz crystal tuff; 4—Meta-potash basic volcanic rock; 5—Meta-quartz (monzonitic) porphyry; 6—Meta-granophyric dacite; 7—Meta-diorite; 8—Copper orebody and serial number.

4[#]、5[#]矿体呈透镜状,产状与围岩基本一致,倾向北西,倾角40°~60°。矿体的延深大于延长,两矿体的水平间距110~130m,呈平行展布。经勘探和生产揭露证实4[#]矿体沿走向长度大于800m,延深大于900m,矿体平均真厚度大于97.8m,倾角40°~53°,平均45°,矿体与围岩的界线不甚清楚。含铜平均0.65%,含钼平均0.005%。5[#]矿体沿走向长度大于900m,延深大于1000m,矿体平均厚度109.8m,倾角40°~60°,平均含铜0.68%,含钼0.0032%。两矿体两端均呈分枝状尖灭。

4[#]、5[#]矿体的矿化类型为细脉浸染型矿化和脉型矿化,以细脉浸染型矿化为主。矿床特点为品位低、规模大、伴生元素单一。

3[#]矿体位于4[#]矿体之上,产于变钾质基性火山岩中,含矿岩石主要黑云片岩和绿泥黑云片岩,脉型矿化为主。2[#]矿体呈透镜状,走向长350m,平均厚19.7m,延深348m,含铜平均0.89%,含钼平均0.0143%;主要赋存于变花斑英安岩中,其次为岩屑黑云片岩,岩屑角闪黑云片岩、变辉绿岩、变花斑辉绿岩。以浸染状矿化为主。

(2) 矿石结构构造及物质成分

矿石结构构造: 铜矿峪矿床近地表氧化带深度为 20~ 280m 左右, 次生富集带不发育。主要为硫化矿石类型。矿石的构造可分为散点浸染状构造、细脉充填构造、团块状构造及晶洞构造等 4 种, 其中以前两种为主, 第三种次之, 第四种仅见于较粗大的石英脉的溶洞中。矿石结构主要有似斑状结构和自型、半自型晶粒结构、交代溶蚀结构。次要结构有共生边结构、叶片状结构、交替文象结构、固溶体格状结构、压碎结构等。

Cu 元素的分布, 矿层内铜品位在厚度方向上的变化为矿体上部高于下部。4 号、5 号矿体 Cu 元素的分布, 沿走向、倾向、厚度方向虽有一定变化, 但总体上铜品位的分布还是比较均匀的。品位变化系数分别为 63.13%~ 83.3% 属较均匀型。

铜矿峪伴生组分的分布特点: 经初步查定矿山可综合回收的伴生组分为 Au、Ag、S, 尚难利用的伴生元素为 Co、Ga、Mo 伴生组分的分布的分布与矿体空间分布基本一致, 但金银在矿体中的分布不很均匀, 5 号较 4 号矿体高, 赋存于变石英斑岩的金银含量较赋存于变石英晶屑凝灰岩高, 黑云片岩矿石金银品位最低。矿床金品位在 0.05~ 0.103 g/t 之间, 银品位为 0.411 g/t。钴、钼、硫除在个别地段较高外, 一般分布较均匀, 其含量一般分别为 0.002%~ 0.004%, 0.001%~ 0.006%, 0.45%~ 1.1%, 镓据最新钻孔资料分析结果, 大部分达到了铜矿伴生元素 0.001% 的工业指标, 含量均较均匀。硫品位沿矿体倾斜方向具上低下高的趋势。

2.3 围岩蚀变

铜矿峪主要矿体的围岩蚀变大体可分为两个阶段: 早期蚀变作用主要有石英-绢云母化, 与铜矿化关系密切, 主要表现为在变石英斑岩和变石英晶屑凝灰岩中的钾长石被绢云母化, 此种蚀变比矿化范围要宽, 黑云母化及绿泥石化出现范围较石英绢云母化广, 大多和含铜石英脉相伴, 出现在变石英斑岩及其围岩变石英晶屑凝灰岩中; 晚期作用有红钠长石化 (钠长石呈浅红色)、黑云母化、硅化、白云母化等, 蚀变矿物以钠长石-石英、白云母-方解石为多见。晚期红钠长石化阶段常常叠加在早期石英绢云母化阶段之上。成矿和蚀变遭受区域变质, 在区域变质后期又遭受热液改造, 目前所见主要为变质阶段及以后的蚀变, 相当程度上改变了原生成矿期蚀变面貌。

与成矿关系密切的蚀变有硅化、绢云母化、黑云母化、钠长石化等。

3 矿床成矿作用及成矿模式探讨

3.1 火山活动与成矿作用

铜矿峪矿床形成于古陆边缘的裂谷拗陷带内, 是裂谷演化早期古元古代降县期产物。此期以强烈双峰态超钾质火山岩浆活动为特征。该阶段后期, 岩浆活动以小规模侵入, 或小规模喷发作用为主, 形成花岗闪长 (斑) 岩、基性侵入体和石英晶屑凝灰岩火山-次火山岩系, 岩浆以钙碱系列为主, 并以贫钠富钾为其特征。铜矿峪 4#、5# 矿体, 以变次火山岩—变花岗闪长 (斑) 岩为容矿岩。

火山岩或小侵入体之下可能有隐伏的岩浆室存在, 岩浆室内岩浆演化的后期, 离子半径较大的元素如 K、Na 等逐渐富集, 形成偏碱性质, 这种热流体, 渗浸透过正在结晶的岩石, 萃

取了其中少量金属元素使之富集成矿。一方面岩浆室为岩浆的分异演化提供了条件; 另一方面, 也是一个热能中心导致地下水溶液循环热对流促成成矿与蚀变作用形成。小岩浆侵入体的热能, 导致不同性质围岩发生不同膨胀率的膨胀, 而发生碎裂。岩体冷却收缩时, 也可能在其于围岩之间产生冷缩裂隙, 这些裂隙成为渗透率较大的部位, 为成矿流体的汇集创造了条件。

3.2 成矿物质来源

成矿物质来源: ①据铜矿峪铜矿硫化物的硫同位素资料表明 ($\delta^{34}\text{S}$ 值为 $-4.5\% \sim +10.2\%$, 铜主要为火山来源^[1], 并有外来硫混入。火山杂岩体及侵入体与成矿时代一致, 表明成矿是成岩的延续, 空间上密切相依, 矿床与侵入岩体有密切关系。成矿岩体、容矿岩石元素的一致性, 说明岩浆具明显的成矿专属性。②从区域地质背景资料分析, 铜与区域地壳成分有相依关系, 强烈广泛的蚀变说明成矿熔浆中含水丰富 (大气水), 可能是地壳岩石重熔而形成含铜熔浆。③形成巨大矿体的铜质还来源成矿熔浆的深部分异, 携带矿质的熔浆, 在深部经过分异使矿质相对富集, 形成含矿质的熔浆团, 成为成矿熔浆。矿体流体包裹体研究表明, 铜矿峪成矿流体以水为主, 约占 70%, 为富含 CO_2 的 $\text{NaCl-H}_2\text{O-CO}_2$ 高盐度热卤水, 温度主要在 $160 \sim 350\text{ }^\circ\text{C}$ 之间, 早期细脉浸染状矿化以高温为主, 晚期脉状矿化以中低温为主。

3.3 矿床富集机制及成矿模式探讨

铜矿峪组富钾流纹岩层铜的丰度平均为 120×10^{-6} , 显著高于一般酸性岩浆岩的平均含量。变钾质基性火山岩层是一个重要的含铜层位, 普遍有铜矿化。表明富含铜的成矿熔浆处于基性与酸性岩浆之间, 有利于铜富集在后期的中酸性岩浆中, 并形成富铜的富含挥发组分的热流体。随温度降低和 pH 值升高, 使铜、铁氯络合物离解, 使 H_2S 离解, 从而使成矿溶液中的 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 S^{2-} 的浓度积大大增加, 而发生硫化物大量沉淀而成矿。

中条山区 19~18 亿年遭到区域变质、变形作用, 区内各种地质体和铜矿化均受到改造, 变质热液致使原始矿化活化迁移, 形成现貌。

铜矿峪铜矿的成因类型为火山气液变质铜矿床^[2], 其成矿特征接近斑岩铜矿, 归为广义的斑岩铜矿, 经变质热液改造, 称之为变斑岩型铜矿床。

铜矿峪铜矿床形成于古陆边缘裂谷拗陷带。裂谷演化的早期阶段新太古代主要以强烈双峰态超钾质火山岩系为特征; 中期阶段古元古代裂谷拗陷带内以沉积作用占主导地位, 形成巨厚的中条群沉积岩。岩浆活动以侵入作用或小规模侵入喷出活动为主, 并形成钠长花岗岩及钠长花岗斑岩和石英晶屑凝灰岩火山-次火山岩系。铜矿峪铜矿床主要产于火山-次火山岩系内, 矿床形成与该阶段岩浆活动有直接关系。

铜矿峪铜矿床以变火山次火山岩系为容矿主岩, 由于岩浆侵位较高在地表及近地表浅水环境形成钠长花岗斑岩和石英晶屑凝灰岩。火山-次火山作用在地表形成高温地热异常及火山喷气活动中心, 在火山热液活动过程中, 由于上覆水体浅, 导致热液产生沸腾作用, 形成高盐度富含金属的热卤水, 在地表和近地表环境对围岩产生强烈地热液交代 (蚀变), 并导致矿质沉淀, 形成细脉浸染型铜矿床。

据同位素年龄测定结果, 并结合矿床地质特征分析, 铜矿峪铜矿形成主要经历以下几个阶段: 大约 28~30 亿年间, 构造活动以拉伸凹陷为主, 钾质火山活动强烈形成降县群富钾双峰态火山岩及含铜砂页岩-火山岩建造; 大约 24~25 亿年间, 构造活动以挤压、隆起为主, 降

县群地层发生绿帘-角闪岩相的区域变质, 并形成含铜的变石英晶屑凝灰岩, 变中基性岩; 大约 21~22 亿年间, 构造活动又以拉伸为主, 钠质火山活动强烈形成含铜的变石英斑岩和含铜的钠化变中基性岩及篦子沟组、宋家山组的钠质火山岩与火山沉积岩, 铜矿峪变斑岩铜矿基本形成; 大约 18~19 亿年间, 构造活动以挤压、隆起为主, 矿区地层发生绿帘-角闪岩相的区域变质, 在主矿体内及周围形成脉状矿化或矿化。

4 找矿预测

4.1 成矿地质条件

地质环境: 华北地台南缘张性裂谷拗陷带形成于新太古代—中元古代, 呈 NE 向, 规模巨大, 几乎纵贯华北地台, 其形成受基底构造控制, 由于地壳升降运动, 导致地下能量通过地壳薄弱地段不断在地表释放。因此, 该带张性构造运动强烈, 火山活动频繁, 有利于岩浆上涌、斑岩被动侵位、喷气活动等。铜矿峪变斑岩型铜矿形成于该裂谷拗陷带之内, 其主成矿期界于新太古代与中新元古代强烈火山活动之间间歇阶段相对宁静时期, 伴随火山-次火山活动。

成矿场特征: 矿床与容矿主岩与周围地质体构成一个有机整体。成矿前期地层为新太古代绛县群“双峰”态变超钾质火山岩系; 成矿期地层为变火山-次火山岩系以及绢英岩、绢英片岩; 成矿期后地层为西阳河群安山岩。同位素地质资料表明, 铜矿峪铜矿形成于 21 亿年。除工业矿体外, 整个容矿火山-次火山岩系构成一个成矿元素高异常地球化学富集场。铜矿峪铜矿容矿火山-次火山岩系下部的绿泥片岩、黑云片岩及更下部的超钾质酸性火山岩具明显的铜富集地球化学异常特征, 常见有铜矿化。超钾质基性火山岩, 是基性火山岩丰度的 4 倍; 变超钾质酸性火山岩铜的丰度是酸性火山岩平均丰度的 1.5~2 倍构成富集地球化学场。超钾质基性火山岩没有明显的热液蚀变, 铜矿形成更可能与容矿火山-次火山岩有关。容矿火山-次火山岩系矿物组合主要为硅酸岩类矿物, 化学活动性较差, 区域变质作用物质迁移不明显, 只造成晚期矿脉的叠加。据矿物中包裹体研究成果, 成矿温度 300℃, 矿质是火山热液沸腾状态下在近地表环境卸载的。

4.2 成矿规律

(1) 矿床产出于华北地台南缘张性裂谷拗陷带之内。

(2) 矿床形成于新太古代与中新元古代强烈火山活动之间间歇阶段相对宁静时期, 与中酸性火山活动有关。

(3) 含矿岩石具一定层位, 形成于变凝灰质、半泥质岩层的底部和下部, 属于铜矿峪变质火山岩相。主要容矿岩石为变石英晶屑凝灰岩, 次要为变石英斑岩、变石英二长斑岩、黑云母片岩等。变石英晶屑凝灰岩含铜 0.64%, 变石英斑岩、变石英二长斑岩平均为 0.43%、0.34%, 含细粒黑云母和片理发育的变石英晶屑凝灰岩含铜最高, 平均为 1%, 矿体中黑云母化增强。

(4) 岩浆岩与铜矿的空间关系, 铜矿不直接产生于火山岩上, 而是产于变石英斑岩、变石英二长斑岩小岩体之中及邻近地区, 有“小岩体成矿的规律性”, 小岩体总体位于矿体的端部及下部。

(5) 容矿围岩控制了矿床的形态和类型, 在柔性、塑性的变石英晶屑凝灰岩中形成网脉状、浸染状铜矿体, 呈厚层状(剖面)、巨大透镜体状产出于铜矿峪变质火山岩组的变凝灰质、半泥质岩层的底部和下部。

4.3 找矿远景预测

50年代至90年代地质找矿和生产勘探, 铜矿峪共探明铜金属280万吨, 占成矿区储量的70.36%。金18060 kg, 钼9632 t, 钴21675 t, 镓882 t, 硫200多万吨。据成矿地质规律及控矿条件预测, 深部尚可再增加矿石量2.8亿吨, 铜金属200万吨。据1992~1997年公司深部地质勘探验证, 预计可增加铜储量20万吨以上。据现勘探揭露情况, 矿化深部尚未减弱, 找矿前景乐观, 计划1998~2013年继续勘探。

经生产工程揭露, 3#矿体在750 m标高已与4#矿体部分相连, 4#、5#矿体本属同一含矿系列, 其矿化类型和主要含矿岩石相同, 平面间距由原来的110~130 m随深度增加有缩小趋势, 在某一深度可能合为一体。据国内外综合信息专家系统研究成果, 铜矿峪矿床在一定深度上可能有一个矿化中心, 4#、5#矿体为这个矿化中心的同源异体产物。据此预测铜矿峪深部尚有600万吨铜的资源潜力。

根据世界上大量斑岩铜矿的成矿模式以及对铜矿峪成矿规律研究及计算机预测, 目前的4#、5#矿体不是一个完整的成矿系统, 矿区附近缺少一个同类型成矿单位(或成矿中心)。据物化探资料, 铜矿峪西北部及东部周围地区、中庄、后山村、铜峪沟一带, 化探铜异常面积大, 强度高, 元素组合好, 找矿条件有利。在系统统计各成矿深度品位变化规律的基础上, 结合新的物化探找矿方法, 有望在矿区附近再找到一个与铜矿峪铜矿规律相当的铜矿(铜储量大于200万吨)。

皇甫泽民高级工程师、陈文明研究员对文章提出宝贵的修改意见, 特致衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 陈文明, 李树屏. 山西铜矿峪斑岩铜矿金属硫化物的铷-锶同位素年龄及地质意义. 矿床地质, 1998, 17(3): 224-228.
- 2 孙海田, 葛朝华, 冀树楷. 中条山地区胡-箴型层控铜矿床角砾岩的特征及成因探讨. 矿床地质, 1989, (1).

MINERALIZATION AND ORE PROGNOSIS OF THE TONGKUANGYU META-PORPHYRY COPPER DEPOSIT

Hu Yongsheng

(Zhongtiaoshan Nonferrous Metals Company, Yuanqu 043700)

Key words: Tongkuangyu, mineralization, ore prognosis

Abstract

The Tongkuangyu copper deposit in Zhongtiao Mountain is a large-size copper deposit in Precambrian metamorphic rocks, whose genesis and other relevant problems have drawn much attention of geologists both in China and abroad.

Occurring in Tongkuangyu Formation of Lower Proterozoic Jiangxian Group, the Tongkuangyu copper deposit is related to altered potash volcanic complex. The No. 4 and No. 5 orebodies are the largest orebodies, the mineralizations are dominated by veinlet dissemination type, the associated elements are Mo, Au, Ag etc., and the wall rock alterations are quartz sericitization of the early stage and albitization of the late stage. In addition to common features of porphyry copper deposits, the ore deposit is characterized by stratabound nature of ore-bearing rocks, alterations and mineralizations as well as stratoid zoning of metallic mineralizations. The ore deposit is mainly of volcanogene pneumatohydrothermal mineralization reformed by late-stage metamorphism.

The demonstrated copper metallic reserves amount to 2.8 million tons. According to an analysis of metallogenic and ore-prospecting conditions, it is predicted that there are additional 2 million tons of copper reserves and 280 million tons of ore reserves in the depth. Deep exploration carried out now reveals encouraging ore-prospecting vista, i.e., the ore deposit has the potential of becoming a superlarge copper deposit with copper reserves higher than 5 million tons.