

# 武家沟铜(金)矿成矿预测及远景分析

杨引串, 姚精选

(山西省地球物理化学勘查院, 山西 运城 044004)

[摘要] 武家沟一带成矿地质条件优越, 附近已探明不少铜金矿床, 但矿床系列中尚缺少受剪切构造带控制的层状矽卡岩型铜(金)矿床类型。使用地球化学、地球物理方法, 预测和勘查半隐伏—隐伏铜(金)矿床, 是今后地质找矿的必由之路。武家沟矿区出露地层为太古界涑水群和元古界中条群, 主要由一套片麻岩、花岗岩和大理岩组成; 由3条近EW向韧性剪切带和一组近SN向压(扭)向断裂组成的扭动剪切构造体系, 控制了区内岩浆岩的就位和热液矿产的分布; 武家沟闪长(斑)岩体呈长条状, NE向展布, 倾向SE。铜金矿化体赋存于余元下组不纯大理岩中, 属III号剪切带控制, 呈NE向展布, 与多金属矿化矽卡岩带展布方向基本一致。铜(金)矿化体呈浸染状、细脉状、细脉—浸染状等分布于矽卡岩中或其内侧。激电异常规模大, 强度高, 梯度清晰, 中心明显, 覆盖了整个金属矿化矽卡岩带, 激电测深证明激发极化体总体向西南侧伏, 与地质测量结果相一致。地球化学异常亦是东北段出现强大Cu异常, 而西南段仅出现矿上元素异常, 与地质物探成果完全吻合。可以有根据的预测, 武家沟是一个具有相当规模的隐伏铜(金)矿床。

[关键词] 武家沟矿区; 成矿预测; 远景分析

[中图分类号] P618.51 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2004)01-0013-04

[作者简介] 杨引串(1962—), 女, 山西夏县人, 工程师, 现从事矿床地质工作。

武家沟矿区位于中条山西南段分水岭南侧, 区内构造作用强烈, 岩浆活动频繁, 铜金矿床(点)星罗棋布, 铜(金)矿成矿地质条件十分有利, 具有巨大的找矿潜力, 故对其进行成矿预测和远景分析, 既有重要的理论意义, 亦有重要的现实意义。

## 1 区域地质特征

武家沟铜(金)矿位于豫皖断块NW缘中条山块隆西南部, 区域构造线方向为NEE—NE向, 出露地层主要为太古界涑水群和元古界中条群。基本构造格架为一由NE向断裂、NW向断裂、近EW向剪切带和近SN向断裂组成的扭动剪切构造系统, 该系统不仅控制了区内岩浆岩的侵入, 亦控制了区内铜、金矿产的生成及分布。

## 2 矿区地质特征

### 2.1 地层

矿区出露地层主要为涑水群洞沟组和中条群余元下组, 洞沟组主要沿分水岭以北分布, 主要岩性为混合岩化黑云斜长片麻岩、混合花岗岩夹斜长角闪岩、条带(痕)状混合岩等, 与上覆余元下组地层呈断层接触。余元下组主要沿分水岭南侧分布, 主要岩性为透闪石阳起石大理岩、灰白色条带状大理岩夹少量炭质片岩及绢英片岩和变粒岩、不纯大理岩等。本区铜(金)矿化即赋存于该层位中。

### 2.2 构造

区内断裂和剪切构造带发育。武家沟一带为顺时针扭动构造体系控矿, EW向剪切构造带是主控矿构造, 控制铜(金)矿, SN向张扭—压扭断裂为次级控矿(容矿)构造, 控制金矿。该区主要有3条EW向剪切带(图1), III号带长度>11 km, 其中有成型的八一铜矿床及多处铜矿点分布。

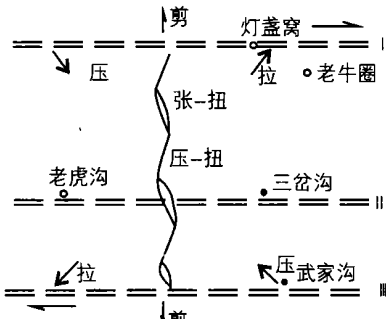


图 1 武家沟铜(金)矿区顺时针扭动构造体系

Fig. 1 Clockwise shearing structure system of the Wujiagou Cu-Au deposit

2.3 岩浆岩

武家沟岩体位于 II 号剪切构造带北侧, 呈长条状, NEE 向延展, 弧顶向 SE 突出, 长 560 m, 宽 150 m, 与中条群余元下组大理岩呈侵入接触, 岩体倾向  $140^{\circ} \sim 170^{\circ}$ , 倾角  $40^{\circ} \sim 70^{\circ}$ , 为燕山期花岗闪长(斑)岩。区内 Cu、Au 矿化带即位于该岩体与大理岩接触带上。

3 地球物理特征

据激电中梯测量结果, 可圈出东西两个异常(图 2)。

西部异常规模较小, 向西延至图外, 其激化率较高, 由两个异常中心组成, 椭圆状, NE 向平行产出。北侧异常长 180 m, 最高激化率为 13%, 梯度清晰, 中心明显。南侧异常长 150 m, 最高激化率为 9%, 该异常部位已发现含 Cu 方解石脉。依据该异常产出环境和地质条件, 其可能为 Cu、Au 工业矿化体之反映。

东部异常规模较大, 呈 NE 向带状展布, 长约 1 000 m, 由 4 个异常中心组成, 其最高激化率为 9%, 以 3% 等值线圈定, 整个异常连续很好。异常中心位于武家沟花岗闪长(斑)岩与余元下组大理岩之接触带上, 地表已见到矽卡岩和铁帽, 且铜、金矿化较强烈。该特征在极化率和电阻率剖面图中表现为低阻高极化率(图 3), 根据电测深结果, 其埋深为 15 ~ 20 m, 推测该异常为隐伏铜、金矿体和金属矿化矽卡岩共同引起。

4 地球化学特征

(1) 据土壤化探测量结果, 在该区圈定出 AP13、AP17 ~ AP20 5 个综合异常(图 4)。这类综合异常规模大、强度高、元素组合好, 且与物探异常在空间上基本重合。AP13 号化探综合异常与物探西部

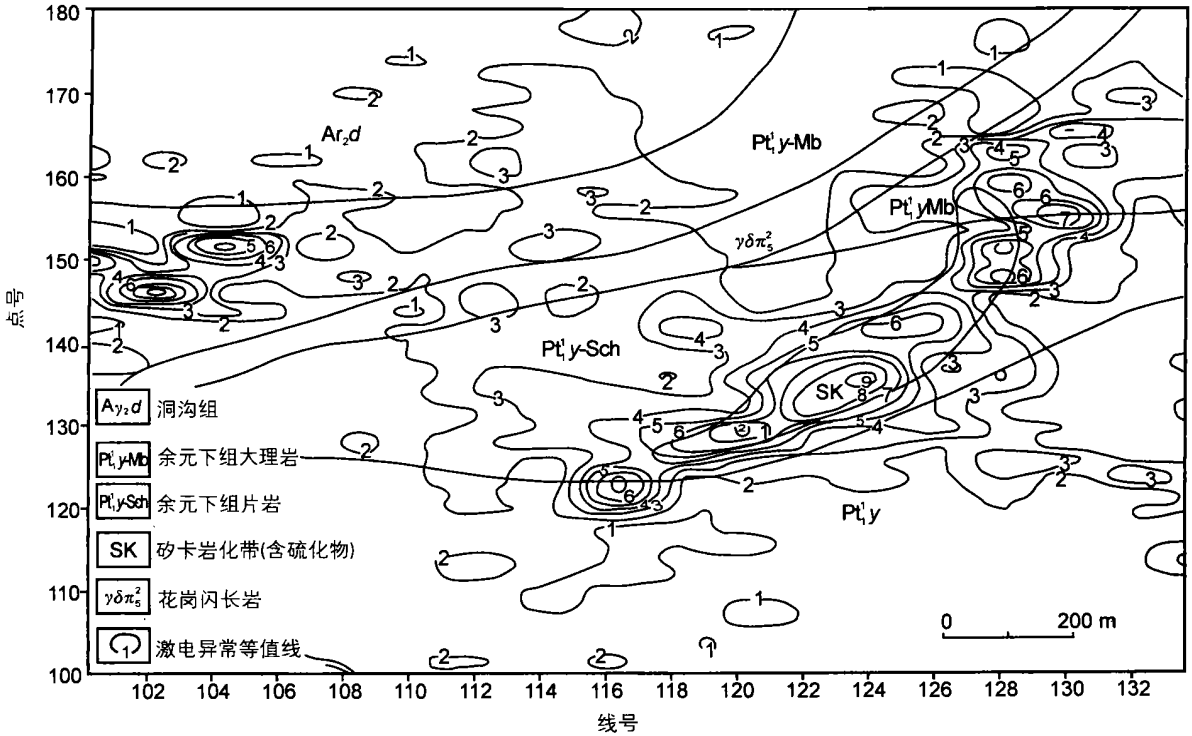


图 2 武家沟铜(金)矿区地质与激电异常复合图

Fig. 2 Geology and polarization anomalies of the Wujiagou Cu-Au deposit

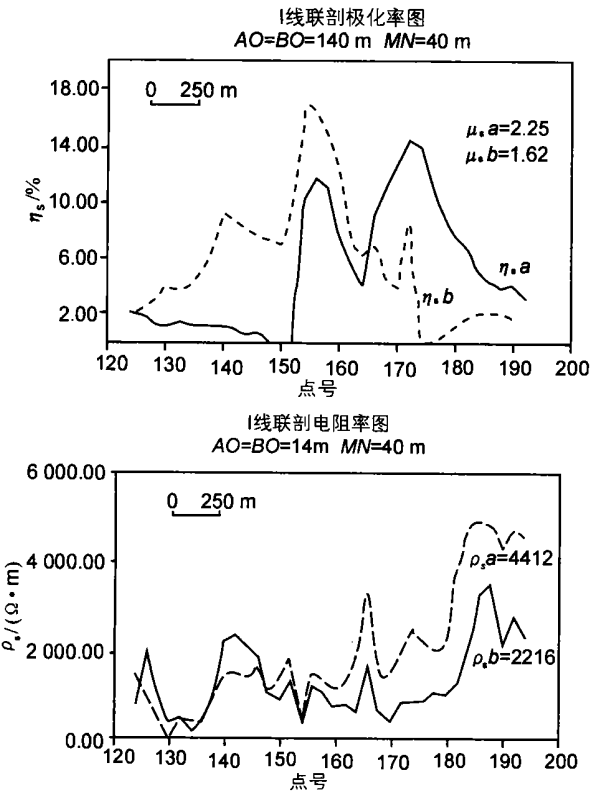
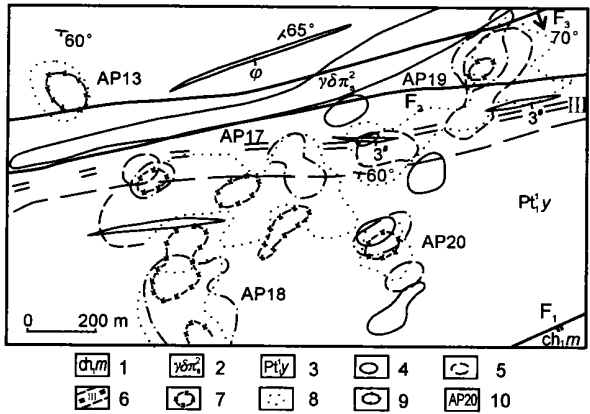


图 3 武家沟铜(金)矿区 线联合剖面极化率与电阻率剖面  
Fig. 3 Polarizability and resistivity profile of the line I united cross section of the Wujiaogou Cu-Au deposit



1—马家沟组安山岩; 2—花岗闪长(斑)岩; 3—余元下组白云岩大理岩; 4—金异常; 5—铜异常; 6—强变形带及编号; 7—锌异常; 8—银异常; 9—铅异常; 10—综合异常编号

图 4 武家沟铜(金)矿区 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 综合异常  
Fig. 4 Au-Ag-Cu-Pb-Zn synthetic anomalies of the Wujiaogou Cu-Au deposit

异常对应; AP17~AP20 4 个综合异常与物探东部异常对应, 反映范围大体一致。据化探结果知, 上述异常系多金属矿致异常, 可能为受剪切构造带控制的层状矽卡岩型铜(金)矿。异常东北段为 Ag、Cu、

Pb、Zn 异常, 西南端主要为 Ag、Pb、Zn 异常, 反映 Cu 矿化带向 240° 方向侧伏, 侧伏角约 20°, 矿带有一定埋深, 东北段翘起, Cu 矿化局部出露地表。这种特征为激电测深结果所证实。据武家沟铜(金)矿研究结果, 地表元素 Ag、Pb、Zn 组合特征为矿化地质体的头部异常反映, 说明地表剥蚀程度较低, 矿化地质体具有一定埋深, 此亦与物探电测深结果十分吻合。

(2) 据岩石化探剖面测量结果, Au、Ag、Cu、Pb、Zn 异常规模大, 强度高, 套合好, 且与地质及物探异常在空间分布上吻合好, 显示了矿致异常特征。

5 铜(金)矿成矿预测

5.1 EW 向剪切带具有极大的成矿前景

随着工作的不断深入, 发现 EW 向剪切带是本区最主要的控矿构造带。例如, II 号带中的三岔沟金矿区在 4 个中段见到矿体。III 号带中普遍发现浸染状铜矿体(灰色方解石含矿)。III 号带西部的潭沟铜矿, 铜品位达  $(5 \sim 10) \times 10^{-2}$ 。EW 向构造体系断裂, 延伸长, 延深大, 有这样构造矿液才可能不断地参加成矿作用。

武家沟铜金矿化的主体为 III 号剪切带, 该带总体呈近 EW 向展布, 具有一定的弯曲, 在成矿地段急剧膨胀变宽, 带宽一般 100 m, 最大可达 350 m, 产状  $170^\circ \angle 80^\circ$ , 带中剪切作用明显, 形成复杂的构造透镜体、球状石英及小褶曲。两侧围岩为大理岩, 带中为不纯大理岩、千枚状绢英片岩等, 水平擦痕明显, 片理化带发育, 具有韧性—脆性变形剪切特征。剪切带中铜金矿化非常普遍而强烈。

5.2 燕山期岩浆热液成矿作用叠加成矿

III 号剪切带北侧分布有武家沟花岗闪长(斑)岩体, 分水岭亦有花岗闪长斑岩出露, 相邻的三岔沟金矿区在深部中段见到了马鞍型花岗闪长斑岩体, 这些岩体均与区内铜金矿成矿关系密切, 也见到花岗岩型金矿体。III 号剪切带中在花岗闪长岩与不纯大理岩接触带附近, 形成一条长 700 m、宽 150 m 的矽卡岩带, 金属矿物占 25%, 表明武家沟铜金矿可能属于剪切带型—矽卡岩型铜金矿床, 具有相当好的前景, 具备中—大型富铜金矿床形成的良好地质构造成矿条件。

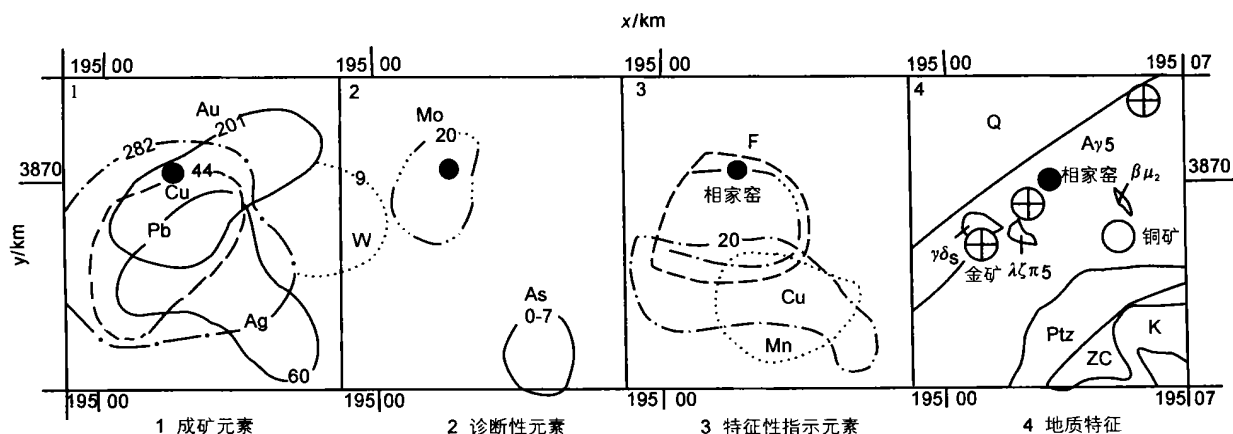


图 5 相家窑综合异常剖析图

Fig. 5 Diagram showing the synthetic anomalies in Xiangjiayao

### 5.3 中条山西南段具有成铜区域地球化学背景

山西省地球物理化学勘查院 2001 年完成的“山西省地球化学异常研究”项目,采用极大衬度分类法研究标型元素成矿专属性,认为中条山东北段垣曲成矿区为 Cu 地球化学省,标型矿种为铜矿(伴生金),仅在东部安山岩区可形成独立金矿床。而武家沟所在的运城成矿区为 Cu-Au 标型元素,具体由 Cu 25-Au 58, Au 59-Ag 78-Pb 26 区块组成, Cu 区块面积最大为 400 km<sup>2</sup>, Au 区块面积为 200 km<sup>2</sup>。所圈定的综合异常 AP69(相家窑)是一个矿田晕,包含已知的照南沟、三岔沟、同水沟、胡家沟等 4 处金矿床(点),而 Cu 异常极大衬度为 2.3, Au 极大衬度为 1.3,说明该区成矿主要标型矿种为 Cu 矿,亦可形成独立 Au 矿床(图 5)。

### 5.4 武家沟铜金矿区已圈定出矿体头部

总体看来,武家沟铜金矿为隐伏矿体,仅在深谷中出露其头部,主要部分仍隐伏于地下。1990 年我院在武家沟铜金矿普查工作中,曾对 III 号剪切带进行了槽探揭露,发现其有以下矿化特征:

(1)垂直分带:最高部位为碳酸盐脉、石英脉(少硫化物,见菱锰矿);向下为石英脉(多硫化物,强氧化呈土状褐铁矿、锰土),硫化物呈团状。最低部位(谷底)为碎裂大石英脉(富网脉状黄铜矿)。

(2)矿化带上下盘均为硅化浸染状黄铁矿化、黄铜矿化大理岩,上盘有 1 m 厚红褐色似碧玉岩化带。

(3)矿化时期最少有二期:早期石英脉充填,伴随团块状硫化物、碳酸盐矿物;晚期大石英脉碎裂,伴随细脉状黄铜矿化。

(4)矿石矿物组合为黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、菱锰矿(锰方解石)、蓝铜矿等。

(5)围岩蚀变有硅化、黄铁矿化、绢云母化、似碧玉化等。

(6)元素垂直分带为:上部为 Ag, Pb, Mn→向下为 Cu, Au。

经槽探工程揭露,取样分析,其金品位最高为  $6.40 \times 10^{-6}$ ,但以伴生状态分布于铜矿体中。在谷底硅化大理岩中圈定出一个表外铜矿体,长 140 m,平均厚 2.28 m,铜最高品位  $0.48 \times 10^{-2}$ ,最低  $0.21 \times 10^{-2}$ ,平均品位  $0.32 \times 10^{-2}$ 。

## 6 铜(金)矿远景初步分析

从成矿地质条件、矿体规模、矿化类型、异常规模等因素分析,武家沟铜(金)矿完全有构成大型矿床之可能。武家沟铜(金)矿最少有两期成矿,前期为剪切带成矿,后期有岩浆岩接触交代-岩浆热液成矿作用叠加,所以矿石品位理应较富。这一推理也符合化探关于垂直分带研究结果,即矿石品位随着出露标高降低而增富。根据剖面法(控制长度 500 m)概略预算铜资源量为  $59 \times 10^4$  t,伴生金平均品位按  $1 \times 10^{-6}$ ,预计可提交金金属量 81.777 t。

## 7 结论

综上所述,武家沟铜金矿成矿地质条件良好,矿化期次多而强烈,矿床类型特别,地表已见矿体露头,物化探异常,深部前景颇大,是一个由大剪切构造带控矿-岩浆叠加成矿-物化探异常强大的典型模式。据成矿预测和远景分析,具有大型铜金矿床特征和成矿远景,故有深入研究和工作的必要。

(下转第 28 页)

[ 12] Yu M H. Advances in strength theory of material under complex stress in the 20th Century[J]. Applied Mechanics Reviews 2002, 55 (3): 169 ~ 218.

[ 13] 俞茂宏. 岩土类材料的统一强度理论及其应用[ J]. 岩土工程学报, 1994, 16(2): 1 ~ 9.

[ 14] 俞茂宏, 等. 一个新的普遍形式的强度理论[ J]. 土木工程学报, 1990, 23(1): 34 ~ 40.

[ 15] 俞茂宏. 双剪理论及其应用[ M]. 北京: 科学出版社, 1998.

Unified solution of the theory on sliding wedge for earth pressure

ZHAI Yue<sup>1</sup>, LIN Yong-liang<sup>1</sup>, FAN Wen<sup>1,2</sup>, YU Mao-hong<sup>2</sup>

(1. School of Geological Engineering and Surveying Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China;

2. School of Civil Engineering and Mechanics, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

**Abstract:** The paper presents the results of the unified solutions related to the theory of earth pressure of sliding wedge, based on the Yu Mao-hong's unified strength theory in which the effect of the intermediate principal stress is considered. The formulas deduced in this paper can be widely applied in geotechnical engineering. The solutions of Rankine and Coulomb are special cases of the unified solutions. A series of unified solutions can be obtained by adopting different values of  $\sigma_3$  and stress state parameters. So earth pressure can be calculated effectively by selecting suitable value of  $\sigma_3$  adapting to the real conditions.

**Key words:** unified strength theory; intermediate principal stress; earth pressure; unified solutions

(英文审定: 苏生瑞)

(上接第 16 页)

[ 参 考 文 献 ]

[ 1] 傅良魁. 激发极化法[ M]. 北京: 地质出版社, 1982.

[ 2] 袁见齐, 朱上庆, 翟裕生. 矿床学[ M]. 北京: 地质出版社, 1979.

[ 3] 黄崇珂, 白治, 等. 中国铜矿床[ M]. 北京: 地质出版社, 2001.

[ 4] 李朝阳, 徐贵忠, 胡瑞忠. 中国铜矿主要类型特征及其成矿远景[ M]. 北京: 地质出版社, 2000.

[ 5] 裴荣富, 熊群尧, 沈保丰. 难识别及隐伏大矿、富矿资源力的地质评价[ M]. 北京: 地质出版社, 2001.

[ 6] 冀树楷, 傅昭仁, 李树屏, 等. 中条山铜矿成矿模式及勘查模式[ M]. 北京: 地质出版社, 1992.

Metallogenetic targets and prospect analyses of the Wujiagou copper-gold deposit, Shanxi province

YANG Yin-chuan, YAO Jing-xuan

(Shanxi Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Shanxi Yuncheng 044004, China)

**Abstract:** Certain known Cu-Au deposits around Wujiagou show an advantageous geological setting for metallogenesis in this area. Yet the ore fields lack the layered skarn type of Cu-Au deposits controlled by the shearing-zones. It is thus significant to target this type of mineral deposits that are not exposed or at depth through geochemical and geophysical methodologies. The exposed strata in the Wujiagou ore field belong to the Sushui Group of Archaean age and the Zhongjiao Group of Proterozoic age, consisting mainly of gneisses, granitoids and marbles. The occurrence of granitoids and mineral deposits is primarily controlled by three EW-orientated ductile-shearing zones and one NS-striking compressing-shearing fault belt. The Wujiagou diorite porphyries, shaped as a strip, extend in NE and dip toward SE. The NE-striking Cu-Au metallogenetic belt is hosted by the impure marbles of the Yuyuanxia Formation and controlled by shearing zone III, according with the occurrence of the poly-metallic mineralization skarn zone. Cu-Au mineralization disseminated or as veinlets is distributed in skarns. Polarization anomalies of the mineralized skarn are in large scale and manifest high intensity and the apparent gradient and center, suggesting that the polarized bodies generally plunge toward SW. This corresponds to the fact that intense Cu anomalies mark the NE part of the geochemical anomalies, whereas the SW part is only identified by related halo elements. Consequently, there is a large scale of Cu-Au deposit at depth in Wujiagou.

**Key words:** Wujiagou ore field; metallogenetic target; prospect analysis

(英文审定: 周军)