文章编号:1008-0244)2001)03-0179-06

山西堡子湾金矿区成矿流体场特征与隐伏矿床定位预测

张宝林, 韩金良, 高浩中, 蔡新平, 丁汝福, 宋保昌, 王　杰
(1. 中国科学院地质与地球物理研究所,北京 100029)

摘　要:综合运用遥感微差信息处理技术、水系沉积物 X 荧光测量和地表基岩伽玛能谱测量方法研究了山西堡子湾金矿的成矿流体场,发现主要的矿化蚀变带呈 NW 向展布,与含矿的 NEE 向角砾岩带斜交,表明成矿后受到一定程度的改造。矿区内存在着两类矿体,即陡倾斜的隐爆角砾岩型金矿和缓倾斜的蚀变岩型金矿,已知矿体和蚀变带主要受矿区南部的环形构造控制,该环形构造可能与隐伏岩体顶部拆离断层系统有关。

关键词:堡子湾金矿;成矿流体场;隐伏矿床定位预测;综合测量方法
中图分类号:P618.51;P627; P631.6　　**文献标识码**:A

隐伏矿床定位预测是 21 世纪世界矿产勘查领域发展的方向和难题,需要更多地依靠成矿理论和物化探技术的进步。如何在矿化集中区内快速圈定成矿流体场,进而确定有利的成矿构造部位,是"矿床结构模型"找矿理论追求的一个目标[1]。迄今为止,人们已经采用多种方法对成矿流体场的特征进行研究,如蚀变矿物组合、岩石化学、微量元素、稀土元素、稳定同位素、包裹体成分、温压条件等,并取得了大量的研究成果。然而,以往的研究工作大多集中在线性矿化蚀变带内,而缺乏对成矿流体场的整体认识,从而限制了人们对于成矿过程和成矿规律的深入了解。

岩金矿是深源高压含金热流体与地壳岩石相互作用的产物,属于后生矿床。出露地表的矿化蚀变带实质上就是深源流体与围岩相互作用的指示标志,属成矿流体场的一部分,其规模和强度受到源区流体规模、能量、围岩性质以及剥蚀程度等因素的影响。本文将成矿流体场特征作为主要研究内容,据此开展隐伏矿床定位预测工作。在研究过程中综合采用了三种野外快速测量技术,其中,遥感微差信息处理和 X 荧光测量的目标是成矿流体场的范围和矿化蚀变带的走向。基岩伽玛能谱测量是以钾元素和放射性总量为指标详细了解成矿流体场的内部结构。

1　矿区地质概况

堡子湾金矿是山西省北部阳高县境内的一个中型矿床,其大地构造位置处于华北太古宙"迁怀陆块"的西南端[2](图 1),著名的"华北北部麻粒岩带"西段。矿区内出露的地层为太古宇集宁群麻粒岩相变质岩,岩浆岩为五台、印支-燕山期浅成侵入岩和脉岩,岩性主要为辉绿岩、二长花岗(斑)岩、石英二长(斑)岩、花岗斑岩、石英斑岩、正长斑岩等,已知矿体断续产于 NEE 走向的角砾岩带内(图 2)。主要矿石类型是含金硫化物胶结的角砾岩型矿石,主要成矿元素是 Au(Ag、Cu、Pb、Zn),属于金-多金属矿床,典型的成矿期蚀变为硅化、绢云母化、黄铁矿化。

前人认为堡子湾金矿的成矿母岩是矿区东侧的胡窑岩体(二长花岗斑岩-石英二长斑岩,K-Ar 法年龄为241.3～257.6Ma,),并受到燕山期花岗斑岩(Rb-Sr 等时线年龄为 105 ±6Ma)的扰动[3,4],属于"特殊的线性隐爆角砾岩型金矿"[4],但近些年来持这一观点布设在角砾岩带东、西两侧的物探、槽探、坑探和钻探工程并未发现有规模的矿体。

2　遥感微差信息处理与解译结果

收稿日期:2001-04-30
基金项目:中国科学院"九五"项目(KZ951-A1-404);创新工程重大项目(KZCX1-Y-030);国家重点基础研究规划项目(G19993207);山西大同黄金矿业有限公司资助项目。
第一作者简介:张宝林(1963-),男,研究员,博士,地球化学专业,主要从事区域成矿作用与隐伏矿床定位预测研究。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

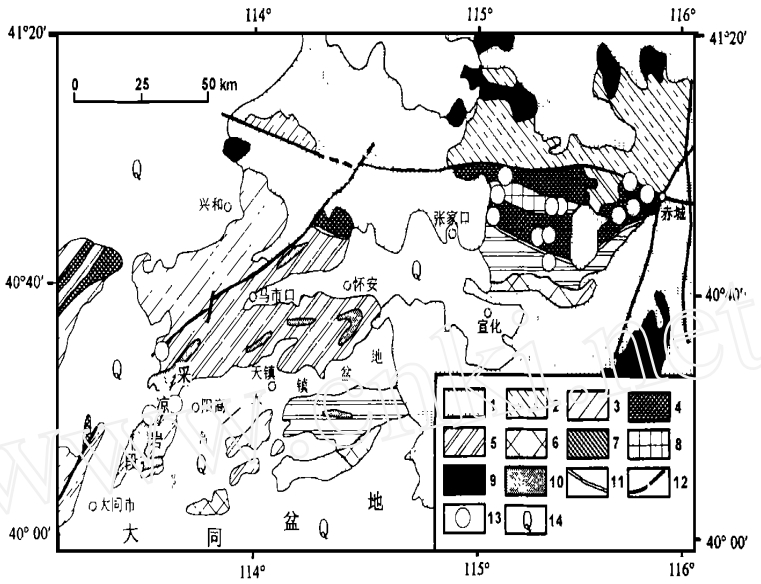

图 1 冀西北地区区域地质图

Fig. 1. Regionally geological map of northwestern Hebei.

1. 中元古界 - 新生界盖层;2. 古元古界红旗营子群;3. 孔兹岩系;4. 涧沟河绿岩组合;5. TTG岩系;6. 红色钾质花岗岩;7. 深熔型石榴花岗岩;8. 中生代碱性花岗岩;9. 燕山期花岗岩;10. 片麻岩中基性岩包体;11、韧性剪切带;12. 断层;13. 金矿床;14. 第四系

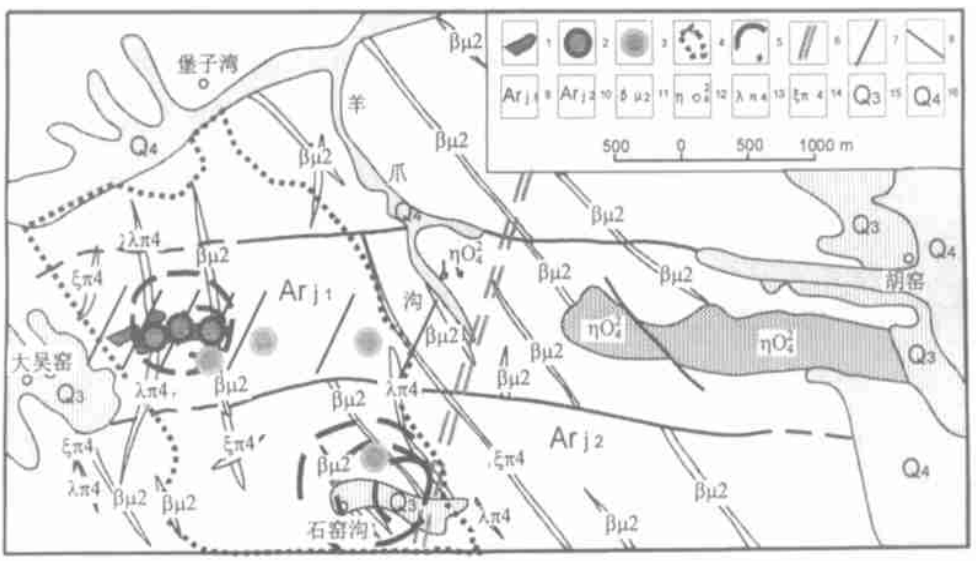

图 2 堡子湾矿区地质、化探、遥感综合异常示意图

Fig. 2. Sketch map showing the geological, chemical exploration and remote-sensing anomalies in the Baoziwan mining district.

1. 含金角砾岩体;2. 金矿体;3. 金矿化点; 4. X 荧光与伽玛能谱测量圈定的化探异常界线;5. 遥感解译的环形构造;6. 遥感解译的北北东向线性构造;7. 北北东向低角度正断层;8. 北西向压扭性断层;9. 太古宇集宁群右所堡组上段麻粒岩;10. 太古宇集宁群大石窑沟组麻粒岩;11. 吕梁期变辉绿岩脉;12. 胡窑岩体(石英二长斑岩);13. 海西 - 印支期花岗斑岩脉;14. 海西 - 印支期正长斑岩脉;15. 晚更新世黄土状土;16. 全新世河湖相沉积

遥感微差信息处理技术过去主要用于军事侦察领域,八十年代以来,中国科学院遥感卫星地面站胡德永研究员将其应用于地质找矿领域,已在多个矿区取得了重要进展。其基本原理是采用

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

数学矢量分析的方法将遥感信息源提供的丰富信息进行分解,从中识别不同方向的信息,再经过详细的地面地质解译,从中提取构造、蚀变等找矿信息。本文采用该项技术对堡子湾地区 1998 年 9 月上旬的遥感信息源进行了微差处理,取得了 14 个方向的遥感信息。经过详细的矿区地质解译,得到了以下四项主要成果:

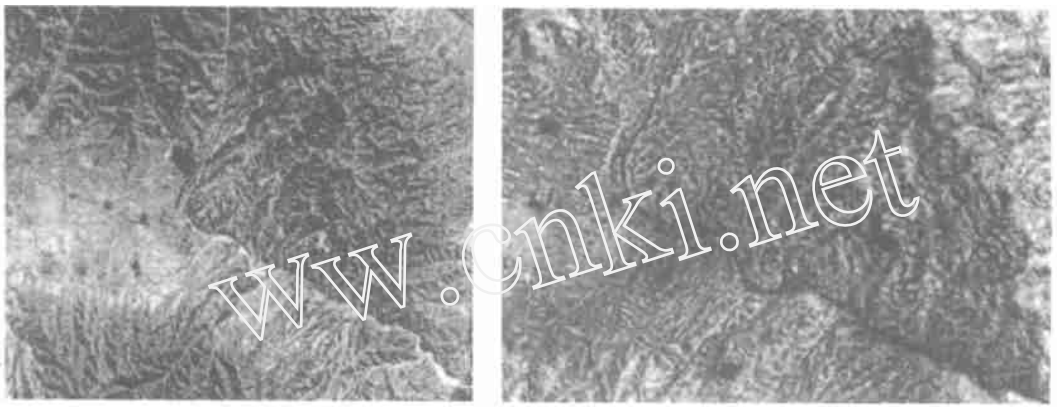

图 3　堡子湾矿区遥感微差信息解译图

Fig. 3. Remote-sensing elementary-error information in ages of the Baoziwan mining district.

(左:区域环形构造与 NNE 向线型构造;右:NW 向与 NNE 向线型构造)

2.1　环形构造

发现多个环形和线性构造,其中以矿区南部的石窑沟地区为中心,有 3 个套叠的环形构造(图 3),并与近 SN 向、NNE 向和 NW 向的线性构造交会,具有良好的控矿构造特征,在环形构造北侧已经发现了走向 NWW,长 800 余米的含金硅化构造破碎带。在石窑沟环形构造的南侧,还有更大规模的环形构造,其地质意义有待进一步查明。

2.2　NW 向控矿构造

在堡子湾矿区还发现了典型的由 NW 向线性构造围限的阴影区,与 X 荧光测量结果圈定的 NW 向 As 异常带相吻合,指示主要的矿化带应为 NW 向(图 4)。

2.3　NNE 向构造分界线

在矿区东侧,羊爪沟与胡窑岩体之间,可以观察到一条清晰的 NNE 向线性构造界线,该构造线以西发育一系列环形构造、金矿床以及金矿化异常,而其东侧则仅为分散的钼异常,且缺少环形构造,表明二者之间构造环境差异较大(图 2)。

2.4　NEE 向构造

在图 3 中,可以观察到平行于黄水河的 NEE 向线性构造带被 NW 向和 NNE 向的线性构造错动,与大吴窑 - 胡窑构造带大致平行,但位置更加偏北。

从遥感微差信息处理结果来看,在堡子湾矿区与胡窑岩体之间存在着明显的 NNE 向线性构造分界线(图 2)。相对于西侧的堡子湾矿区而言,东侧的胡窑岩体具有先抬升遭受剥蚀,然后又朝东南方向滑落的的特征。该界线两侧的构造 - 岩浆活动及矿化特征差别也较大:西侧的堡子湾 - 石窑沟一带存在多个叠合的环形构造,并出露多个与小型侵入体有关的金矿床和矿点。而东侧的胡窑岩体虽然呈岩株状(出露面积约 3km^2),但矿物结晶粒度较粗,具有分散的高温热液型钼矿化异常,表明该岩体及其上部的矿体已经遭受较强的剥蚀,与西部的含金角砾岩之间没有直接的成因联系。

3　水系沉积物 X 荧光测量异常

传统的水系沉积物化探样品分析周期长,耗资多。本项研究采用成都理工学院周四春同志研制的 X 荧光测量仪,在野外可以一次快速测量 4 个矿化元素,用 WINSURF 软件处理数据,从中分析异常部位。

在堡子湾矿区各支沟的沟口部位,采用 GPS 结合地形图定点,采集了 193 个水系沉积物 B 层样品,经室内自然晾干、去除杂物、过筛,然后用 X 荧光仪测量 Cu、Pb、Zn、As 元素的相对含量,用

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

WINSURF 软件处理数据成图(图 4)。其中 NW 向的 As 异常带非常明显,具有重要的指示意义,已知矿床和石窑沟靶区均位于该异常带内。

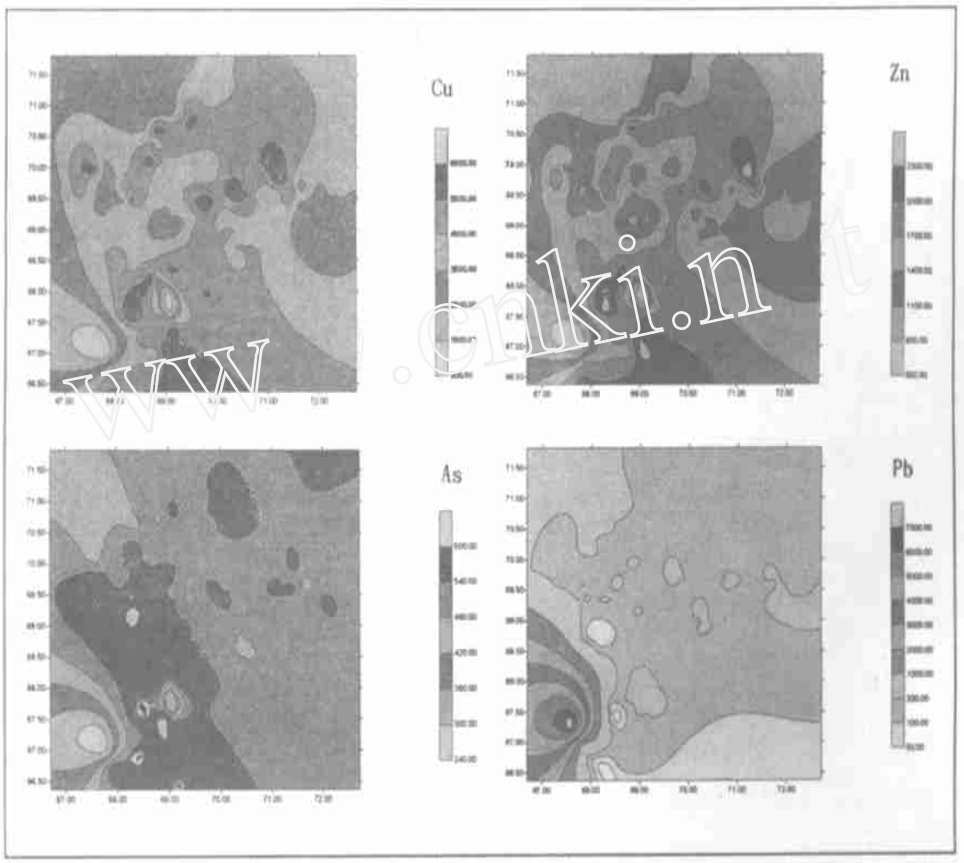

图 4 堡子湾矿区水系沉积物 X 荧光测量 As、Cu、Zn、Pb 计数率等值线图

Fig. 4. Counting-rate isolines of As, Cu, Zn and Pb measured by X-ray fluorospectrometry for the sediments in Baoziwan.

4 矿化蚀变带异常(伽玛能谱测量)

在堡子湾矿区 20km^2 范围内,采用 GPS 结合地形图定点,测量了 574 个基岩露头点的 U、Th、K、放射性总量计数率等 4 个参数,在室内用 WINSURF 软件处理数据成图(图 5)。

基岩伽玛能谱测量结果指示的是成矿流体场(蚀变场)的范围,确切地说,是地壳某一深度原始成矿流体场遭受剥蚀后残留的特征,其中最具指示意义的是 K 含量和放射性总量。在上述各等值线图中,放射性强度及 K、Th、U 含量最高的往往是正长斑岩出露的部位,露天采坑一带具中等强度的放射性。全矿区的矿化蚀变具有点状集中分布的特征,比较明显的走向是 NE 向和 NW 向,这两个方向的构造在矿区南部石窑沟一带交汇成弧形,与遥感解译结果比较吻合。在图 5 中,所谓的 NEE 向"特殊的线型隐爆角砾岩带"并不连续,而是断续的,表明角砾岩带内的矿化体并不连续,这与我们在地表及坑道中观察到的现象是吻合的。因此,NEE 向角砾岩带并不是原始的矿化蚀变带,而可能是成矿后受到一组走向 NNE、倾向 SE 的正断层改造的结果。这一特征在钻孔剖面 Au、As、Sb、Hg 原生晕异常中也有明显的表示[5]。

我们注意到,前人在圈定角砾岩带内的矿化体时采用的边界指标是 0.1g·t^{-1},虽然最大限度地保证了"矿体"的连续性,但实际上混淆了矿与非矿的界线,这一作法值得商榷,因为它不利于后人全面认识矿床的特征与成因。

5 讨论与结论

野外与室内研究结果表明,堡子湾矿区主要存在两种矿化类型:一是堡子湾 15 线揭示的产状较陡的隐爆角砾岩型金矿,二是石窑沟北山民采坑口揭露的向北缓倾斜的破碎带蚀变岩型金矿。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

前者可能与深部岩浆房后期分异的含矿流体隐爆作用有关,后者则可能与石窑沟环形构造(岩浆岩体顶部?)周围发育的低角度拆离断层系统有关,矿区内广泛发育的低角度含金硅化脉带一定程度上示了矿化流体的活动规模。

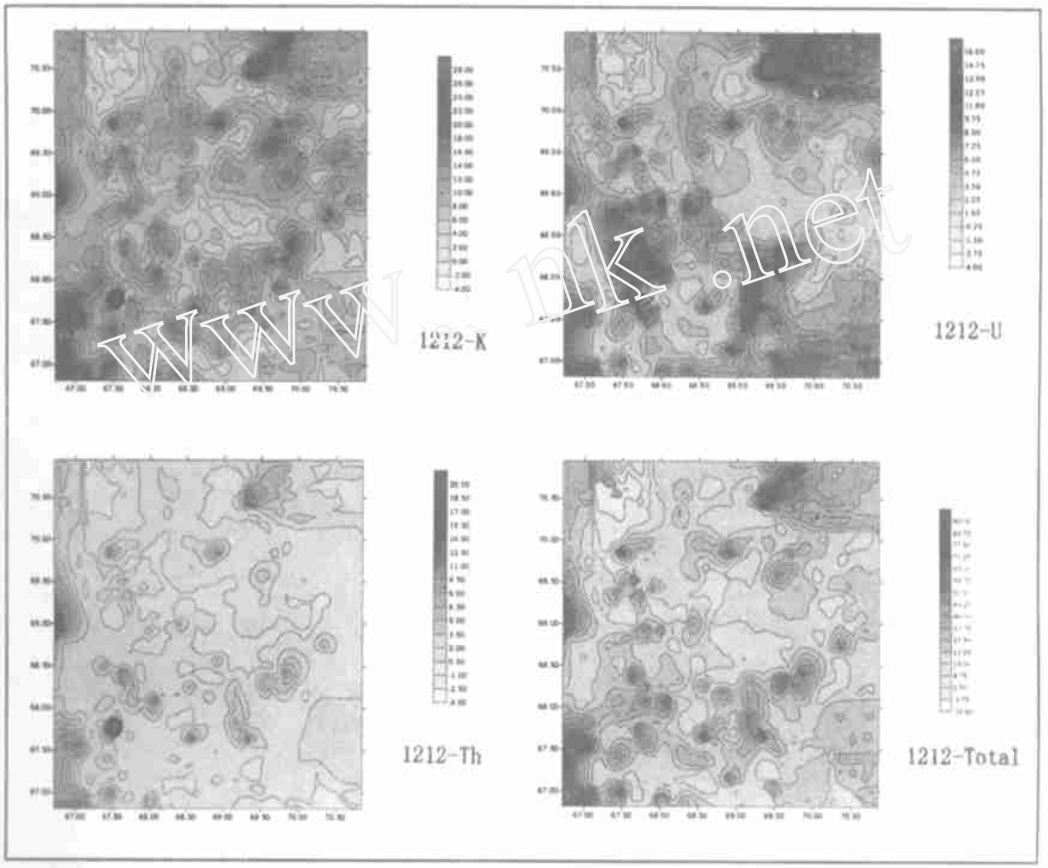

图 5　堡子湾矿区地表基岩伽玛能谱测量 K、U、Th 及放射性总量计数率等值线图

Fig. 5. Counting-rate isolines of K, U and Th and the total radioactivity measured by γ energy spectrometry for the base rocks on the Earth's surface in Baoziwan.

野外地质观察、遥感微差信息解译、地表基岩伽玛能谱测量及水系沉积物 X 荧光测量结果均表明,堡子湾矿区主要的矿化蚀变带并非沿 NEE 向延伸,而主要呈较宽(约2 000 m)的 NW 方向展布(图 2)。在 NEE 走向的角砾岩带内,矿化热液蚀变也不连续,而是断续出现,存在多个富集中心,分别位于 4 线、7 线和 15 线,各矿化中心之间又被数条 NNE 的低角度正断层隔断。在垂直于角砾岩带走向的地震勘探解译剖面上[6],可以观察到矿区浅部太古宙麻粒岩内发育叠瓦状似褶皱构造,含矿角砾岩带出现在"向形"构造部位,而深部麻粒岩的产状则较为平缓,被晚期的花岗质岩浆岩侵入,后者内部有残留的太古宇麻粒岩岩块。在上、下两个构造层之间存在一条低角度的滑脱面,倾向 SE,分布高程大致在海拔1 200～1 300m 附近。从矿体和 Au、As、Sb、Hg 等原生晕异常在垂向上的分布情况看[5],堡子湾金矿在海拔1 250m 附近存在一个特殊的"矿化间断"或称无矿带,与浅层地震勘探所揭露的低角度构造滑脱带不谋而合,也与我们在矿区 1390 和 1310 中段观察到的铲形断裂构造系统相吻合。

在堡子湾矿区角砾岩型矿石内,可以见到各种成分的角砾,如麻粒岩、石英二长斑岩、石英斑岩、花岗斑岩等。但角砾岩带不同部位的角砾和胶结物成分差别较大:西段的角砾块度较大,一般在 1～5m,最大可达数十米以上,呈棱角状和次棱角状,角砾的位移极小,角砾和胶结物的成分几乎均为麻粒岩,含矿性差。而东段主矿体产出部位的角砾磨圆度和球度均较好,直径在 1m 以下,角砾成分以石英斑岩和石英二长斑岩为主,胶结物主要是含矿的金属硫化物,局部出现特高品位,具有隐爆作用和"流体构造"特征。由此可见,该角

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

砾岩带的成因较复杂,西段以构造角砾岩成因为主,东段具有较典型的隐爆角砾岩特征,可能与深部隐伏的石英二长斑岩的隐爆作用有关。对横切含矿角砾岩带的 5 条地震勘探剖面进行的初步解释结果表明,角砾岩带西部的抬升幅度大,剥蚀程度也强。相对而言,东部的剥蚀程度较弱,向深部找矿的潜力较大。武警黄金研究所曾经对矿区各类黄铁矿的标型特征进行了研究,结果也与上述认识一致。

综上所述,堡子湾矿区控矿构造比较复杂,成矿时代较新,物源丰富,金矿化类型多样。虽然成矿后受到了一定程度的改造,但矿床总体剥蚀程度较弱,矿体保存较好,深部和外围具有良好的成矿条件和找矿前景。

本项工作得到中国科学院"知识创新工程"项目的支持;野外考察得到山西大同黄金矿业有限责任公司的大力协助。遥感微差信息处理由中国科学院遥感卫星地面站胡德永研究员完成;X 荧光仪和伽玛能谱仪的使用与维修分别得到核工业地质研究院李慎之教授和张彪高级工程师的帮助,谨此深表谢意。

参 考 文 献

[1] 蔡新平, 张宝林. 矿床结构模型与某些类型金矿床的定位预测[J]. 地质科学, 1998, 33(3):329～337.
[2] 伍家善, 耿元生, 沈其韩,等. 中朝古大陆太古宙地质特征及构造演化[M]. 北京: 地质出版社, 1998, 105～149.
[3] 曹国雄, 高太忠, 吴有民. 堡子湾金矿同位素及稀土元素地球化学研究[J]. 地质地球化学, 2000, 28(1):10～14.
[4] Yan Fengzeng. Puziwan gold deposit in Shanxi, China: A special linear cryptoexplosive breccia type gold deposit [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2000, 74(2):554～558.
[5] 赵利青, 卿 敏, 雷时斌,等. 山西堡子湾金矿床元素地球化学成矿预测研究 [J]. 黄金地质, 2000, 6(2):47～54.
[6] 张宝林, 韩金良, 梁光河,等. 山西省北部新生代岩金矿床的发现及其意义. 矿床地质[J], 2001(待刊).

THE CHARACTERISTICS OF METALLOGENIC FLUID FIELD AND LOCALIZING PROGNOSIS OF CONCEALED OREBODIES IN THE PUZIWAN GOLD DEPOSIT, SHANXI

Zhang Baolin, Han Jinliang, Gao Haozhong, Cai Xinping, Ding Rufu, Song Baochang, Wang Jie
(Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract

The remote sensing differential information processing technique, the X fluorescence survey of stream sediments and the subaerial base rock gama survey technique were jointly applied in the Puziwan gold deposit, Shanxi to study the gold metallogenic fluid field. The result shows that the major mineralization alteration zone strikes northwestwards, which crosses the ore-bearing NEE-trending breccia zone. It is deduced that the original orebodies have been reformed by subsequent geological events and that there are two kinds of orebodies in the deposit, i.e., the cryptoexplosive breccia-type gold orebodies with a steep dip angle and the altered rock-type gold orebodies with a low dip angle. The known orebodies and alteration zones are all controlled by the circular structures appearing in the south of the deposit which is probably related to the detachment fault system developed in the upper part of the large blind magmatic massif.

Key words: Puziwan gold deposit; metallogenic fluid field; localizing prognosis of concealed orebodies; combined surveying method

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net