地质 矿床

山西堡子湾金矿隐伏矿体预测及其工程验证

韩金良[1,2] , 张宝林[1] , 蔡新平[1] , 梁光河[1] , 高浩中[1] , 丁汝福[1] , 王 杰[1]
(1. 中国科学院地质与地球物理研究所 ,北京 100029 ;2. 中国地质科学院地质力学研究所 ,北京 100081)

[摘 要]在总结成矿规律的基础上 ,结合浅层地震勘探、地球化学和已有的勘探成果 ,对堡子湾金矿 15 线附近的隐伏矿体进行了预测 ,并得到了后期工程验证。

[关键词]金矿 隐伏矿体预测 工程验证
[中图分类号]P618.51 [文献标识码]A [文章编号]0495 - 5331(2003)05 - 0006 - 05

1 概 况

堡子湾金矿位于山西省阳高县长城乡堡子湾村 ,东距阳高县城约 11 km。地理坐标为 :东经 113°36′29″～113°38′13″;北纬 42°21′00″～40°21′36″。大地构造位置位于华北地台北缘 ,内蒙地轴、天镇断拱的阳高凸起。按照地质力学的观点 ,该区位于祁吕贺兰山字型东侧反射弧与天山 —阴山纬向构造带的结合部位。矿区成矿条件优越 ,为一中型金矿 ,以金为主并拌生银。

矿区出露的地层主要是太古宙的麻粒岩和花岗片麻岩 ,片麻理走向近南北。另外 ,从吕梁期至喜山期的岩浆活动较频繁 ,大都以岩脉的形式出现。控矿构造为天镇 —阳高山前破碎带的次级断裂胡窑 —堡子湾 NEE 向断裂岩浆岩带 ,从东到西依次出露胡窑石英二长斑岩岩体、羊爪沟石英二长斑岩小岩株、堡子湾石英二长质角砾岩体 ,根据浅层地震勘探和钻孔资料 ,三者在深部连为一体 ,其为同一个岩浆演化序列的 3 个不同单元。

堡子湾金矿产于堡子湾石英二长质角砾岩体中 ,该角砾岩体 由震碎角砾岩、隐爆角砾岩、流化角砾岩和压裂角砾岩组成 ,向下与石英二长斑岩相连 ,二者为渐变过度关系。角砾岩体长 3 km ,宽 40～260 m 不等 ,平面上呈带状产出。角砾岩体总体向南倾 ,倾角 70°～85°左右。矿区内的围岩蚀变较发育 ,主要有硅化、绢云母化、碳酸盐化、高岭土化、绿泥石化 ,其中 ,与金矿化关系最为密切的是绢云母化、硅化、高岭土化。

堡子湾金矿的矿化类型包括 :隐爆角砾岩型、流化角砾岩型、石英脉型和斑岩型。矿体主要集中在 11 线至 19 线之间 ,如图 1 所示。在该区段角砾岩体的上部(1440 m 标高以上) 矿体主要以隐爆角砾岩型为主 ,矿体的形态呈上大下小的楔形 ,品位较高。矿体的中部(1440～1310 m) 以流化角砾岩型为主 ,隐爆角砾岩型为辅、石英脉型较少 ,矿体在横、纵剖面上具有尖灭侧现的规律。1310 m 标高以下以流化角砾岩型和石英脉型矿体为主 ,深部可能有斑岩型矿体存在。

2 矿体特征

矿体局限于角砾岩体内及其与围岩的接触带附近 ,堡子湾金矿由 3 个矿体组成 ,由北向南依次出露 2 号、1 号、3 号矿体。矿体平面上呈复杂脉状、透镜状 ;剖面上呈透镜状 ,具有尖灭侧现的规律。矿体倾向南、倾角较陡 ,最大垂向埋深达 600 m。

2 号矿体主要分布于 15～16 线之间 ,长 50 m ,平均厚 0.95 m ,走向 80°,南倾 ,倾角 60°～70°,平均品位 4.76 ×10^{-6}。

1 号矿体分布于 5～19 线 ,由 4 个分支矿体 ,从北往南依次为 I_1、I_2、I_3、I_4。矿体在平面上呈复杂脉状、透镜状 ,具有膨胀收缩、分支复合、尖灭再现的规律 ;剖面上上部呈透镜状 ,下部呈脉状 ,有尖灭侧现之规律。另外 ,透镜状矿体上下两端分支明显 ,走向 80°,南倾 ,倾角 60°～70°,向西侧伏 ,侧伏角 50°左右。地表分两段 ,西段 4～6 线 ,长 50 m ,垂向延伸 12 m。东段 10～19 线 ,延长 450 m ,垂向延伸大

[收稿日期]2002 - 06 - 13 ;[修订日期]2002 - 08 - 27 ;[责任编辑]余大良
[基金项目]中国科学院“知识创新工程”重大项目(编号 :KZCX1 - Y - 02) 、九五重大项目(编号 :KZ951 - A1 - 404) 资助。
[第一作者简介]韩金良(1966 年 -) ,男 ,2001 年毕业于中科院地质与地球物理研究所 ,获硕士学位 ,在职博士生 ,副研究员 ,现主要从事区域地质、矿床地质等工作。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

于 400 m。矿体浅部厚 2.44～49.03 m,平均厚 21.42 m,深部厚 0.95～71.34 m,平均厚 5.75 m。

3 号矿体主要分布于 12～17 线,产状与 1 号矿体相同,在 15 线附近矿体平面和剖面上都呈透镜状,向四周有分支现象,在东西向剖面上具有右行斜列的现象。矿体在 1350 中段以下以脉状为主,平面上具有分支复合现象。与同标高 1 号矿体相比品位较高。详见图 1 所示。

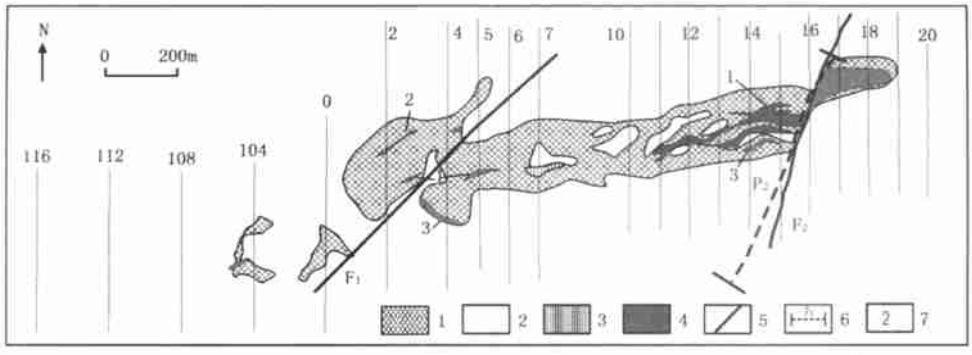

图 1　堡子湾金矿地质简图 1

1 —含矿角砾岩体;2 —麻粒岩;3 —石英二长斑岩;4 —矿体;5 —断裂;6 —浅层地震勘探线;7 —矿体编号

3　控矿因素

3.1　角砾岩带的成矿专属性

已知矿体绝大部分局限在角砾岩体内部及其与围岩的接触带上,角砾岩体两侧以及东西延伸方向上 116 线以西和 18 线以东矿化微弱。矿体的形态、产状、规模与角砾岩体趋于一致,矿石的品位、矿体的厚度与角砾岩体的厚度成正比。

3.2　构造控矿作用

(1)胡窑 —大吴窑近东西向断裂控制了堡子湾含矿角砾岩的分布,同时也控制了其空间结构:在角砾岩体的中间部位,围岩捕掳体的方向以东西向为主,其次为近南北向。在靠近围岩处,石英二长斑岩和矿化体大多沿东西向断裂贯入。(2)隐爆角砾岩、流化角砾岩和富矿体受控于近东西向断裂与近南北向断裂、北东向断裂的交汇部位。例如,4～5 线之间的矿体为典型的隐爆角砾岩型,该处恰恰是近东西向断裂与近南北向断裂(被先期石英斑岩充填)、北东向断裂的交汇部位。12～18 线是隐爆角砾岩、流化角砾岩发育部位,矿体厚大,矿石品位高,东西采场即位于此处,该段的矿石量占整个金矿矿石量的 85 %以上。该处有两个有利因素:①20 线以东的变质辉绿岩墙厚度大,渗透系数低,其走向为南北向,东倾,起屏蔽作用,阻挡了岩浆和含矿流体向东的流动,致使含矿角砾岩体至此消逝,且在其以西形成富矿体。②该处近东西向、北北东向、北北西向、北东向、北西向次级断裂、节理发育。在东、西采坑做了节理统计。裂隙的第一优选方位是近南北向,其次是北东向、北西向,再次为近东西向。这些裂隙彼此交汇,为岩浆的侵入、热液的运移提供了良好通道。(3)北东向断裂(西倾)控制了矿体的侧伏。(4)矿体在垂向上呈透镜状是受两组共轭的断裂控制,在两组断裂的交汇部位含矿热液集中形成富矿,如图 2 所示。(5)流化角砾岩型和石英脉型矿体主要受近东西向断裂控制。(6)剖面上的两组共轭断裂

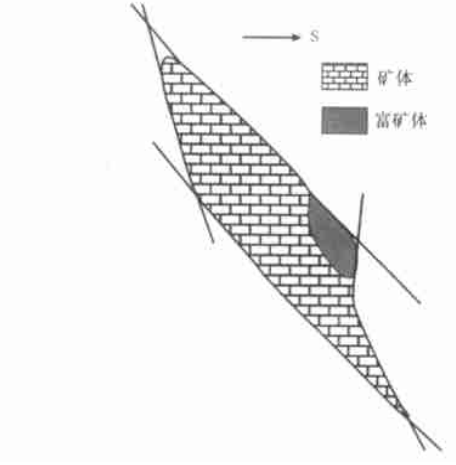

图 2　15^{+} 线构造控矿规律图

控制了氧化矿和原生矿的界线,这种现象在东、西采坑都能见到。(7)北北东向断裂(F_2)的逆冲和左行走滑使矿体变位,并使断层上盘的矿体进一步破碎进而促进其后期氧化淋滤和次生富集,这可能也是造成东、西采坑矿体形态差异的一个原因。另外,在 4 线附近,矿体被北北东向断裂错断,如图 1 所示。(8)在矿区发现一种“井”字形控岩、控矿构造,分别控制了柱状麻粒岩捕虏体和柱状矿体,例如:7 线附近的圆柱状捕虏体就是受控于“井”字形构造,其垂向延伸大于 100 多米;1390 中段 15 线附近的 3 号

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

矿体,剔除晚期的花岗斑岩的影响以后,明显受控于由麻粒岩和斜长角闪岩组成的捕虏体与围岩构成的"井"字形构造,;另外,1270 中段 13⁺线附近的矿体明显受控于"井"字形构造。

3.3　围岩蚀变对矿体的控制作用

矿石品位的高低与围岩蚀变的种类和强度有关,一般是多种蚀变叠加且蚀变较强的部位是富矿体的所在。富矿体一般都伴随有较强的绢云母化、硅化、黄体矿化。

4　成矿规律

(1)堡子湾金矿具有"一脉相承,分段集中,东富西贫,上富下贫"的规律。(2)东西向与近南北向断裂的交汇部位是多次岩浆和成矿热液上升的通道,从东到西依次有 15 线附近、7 线附近、4 线附近和 108 线附近几个热液活动中心存在。这些区域成矿都比较好。(3)角砾岩带扬起端的楔状裂隙发育部位,这些裂隙是由于隐爆作用在角砾岩体的顶部形成的张性破碎带,其平面上呈椭圆形,剖面上呈楔状,是主要的储矿构造,赋存于其中的工业矿体规模大,品位高。(4)矿体在东西向纵剖面中具有尖灭侧现的规律。例如,在 15⁺线横剖面中,透镜状矿体最大厚度处的标高为 1430 m,而 15 线横剖面中透镜状矿体最大厚度处的标高为 1390 m,两者之间平面距离为 25m,垂直高差为 40 m。(5)矿体在横剖面上具有尖灭侧现的规律,单个矿体在倾向上具有膨胀收缩尖灭再现的规律。(6)平面上矿体具有分支复合、膨胀收缩、尖灭侧现的规律。(7)控矿断裂产状发生变化的部位是成矿的有利部位。例如,控制角砾岩体的两条断裂在 15⁺线附近彼此靠拢,造成角砾岩体在该处变窄,其两侧是富矿体集中的地方。又如,在 15⁺线横剖面中两条共扼断裂构成了透镜状矿体的边界,两条断裂的交汇部位正好是富矿体之所在,详见图 2。

5　隐伏矿体预测

本次工作在总结成矿规律的基础上,结合地球化学、矿山勘探成果和浅层地震结果,对 15 线附近的深部隐伏矿体进行了综合预测,并布设了钻孔,2001 年度共完成两个钻孔的勘探任务,一个水平钻孔,一个垂直钻孔,均见矿。

5.1　浅层地震勘探结果

为了确定含矿角砾岩体的深部结构和垂向延伸情况在东西采坑之间(15～17 线)布置了一条浅层地震勘探线,详见图 1。图 3 给出了角砾岩体近南北向的一个深度剖面,从图中可以看出,角砾岩体在垂向上总体呈上小下大的楔形,同时,又可分为上下两部分,结合已有的勘探资料推断上部(1270 m 标高以上)可能以隐爆角砾岩为主,下部(1270 m 标高以下)可能以流化角砾岩为主。在下部的角砾岩体

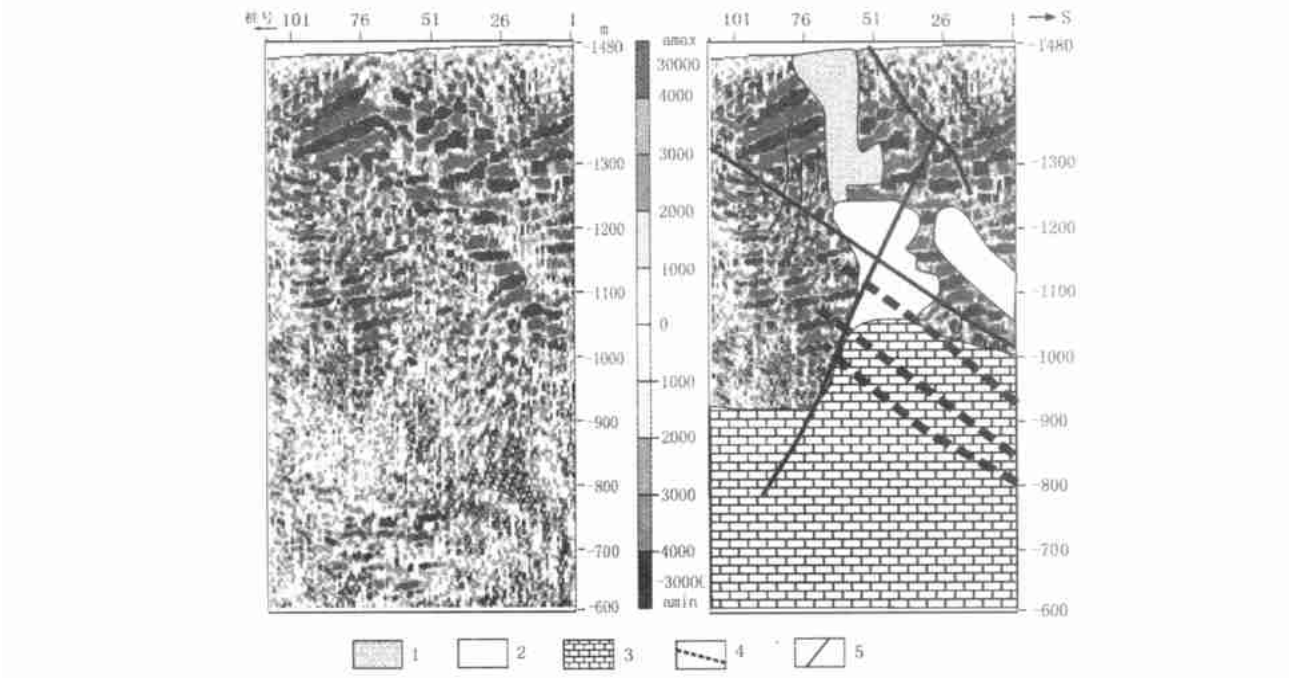

图 3　地震反射剖面及其地质解释(横坐标是桩号,纵坐标为海拔高度/ m)

1 —隐爆角砾岩;2 —流化角砾岩;3 —石英二长斑岩;4 —断层破碎带;5 —断裂

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

中见两条剖面上共扼的断裂,可能为深部热液上升的通道,两者在 1250 m 标高处交汇。另外,在下部角砾岩体的南侧见一低速体,推测可能为深部角砾岩体的一个分支,有待进一步的工程验证。在 1000 m 标高以下推测可能以石英二长斑岩为主,在其上部可能为角砾岩与石英二长斑岩的过渡带,在该过渡带中发育数条断层,详见图 3 所示,推测其中可能为有利的成矿空间。

5.2　地球化学分析结果

赵利青对采自探槽、坑道和钻孔中的样品进行了系统分析,结果如图 4、5 所示,从图 4 可以看出 As/ Ni 在 15 线 1150 m 标高附近为一浓集中心,As 在堡子湾金矿中作为矿体的头晕,而 Ni 作为尾晕,两者的比值更强化了上述信息。因此,预示着在 1150 m 标高以下仍有矿体存在。图 5 显示 Au 在 15 线附近 1140 m 标高为一浓集中心。另外,在 15 线 Au、As、Sb 含量等值线图上,Au 在 1180 m 标高附近为一浓集中心。As、Sb 在 1175 m 标高附近为浓集中心,而上述两种元素在堡子湾金矿中是矿体的头晕。综合以上结果可以推测在 1150 m 标高以上、以下都可能有矿体存在。

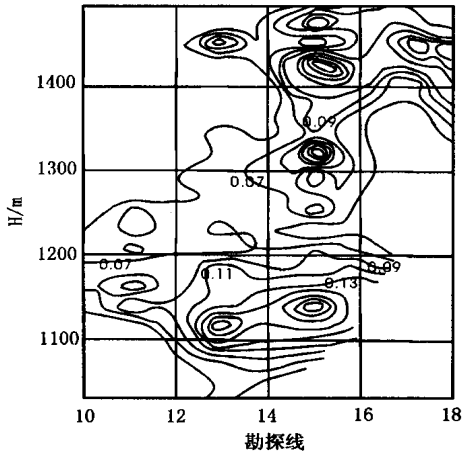

图 4　As/ Ni 值纵投影等值线图
(据赵利青,2000)

5.3　勘探和开采结果分析

已有的资料显示 1310～1270 m 之间麻粒岩的含量明显增多,大都以透镜状产出,这与浅层地震反射结果相吻合。从地震反射剖面来看,在 1250 m 标高以下围岩的含量有可能减少。矿体在垂向上呈分段集中之势,分别集中于 1460 m、1390 m 和 1270 m 标高附近,间距向下变大。矿体在垂向上具有尖灭再现的规律详见图 6 所示。

5.4　隐伏矿体预测

根据以上结果并结合成矿规律,推测在 ZK154

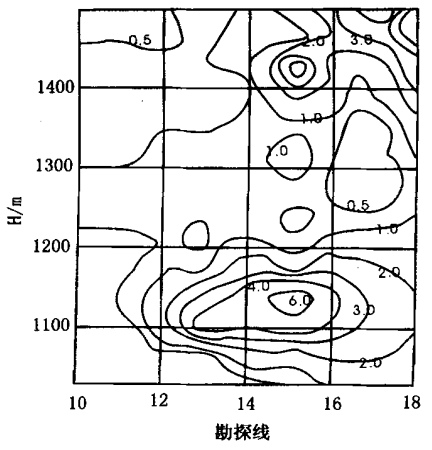

图 5　10 - 18 线 Au 回归值纵投影等值线图
(据赵利青,2000)

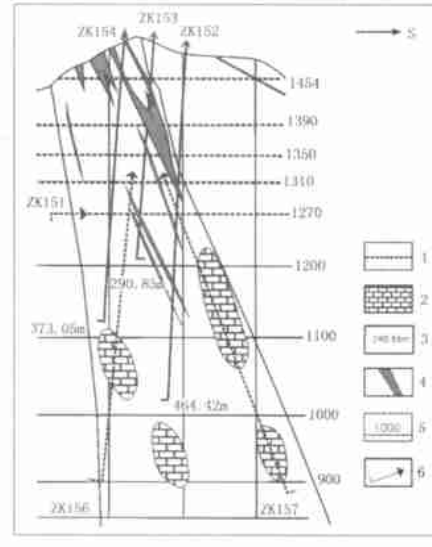

图 6　15 线隐伏矿体预测及其验证钻孔布置图
1 —坑道;2 —预测靶位;3 —钻孔深度;4 —矿体;5 —标高;6 —设计钻孔

的下方,1100～1000 m 之间可能有矿化体出现,主要依据为:有两条断裂经过这一区域,详见图 3;按照矿体在剖面上具有尖灭侧现的规律判断此处亦为有利成矿空间。在角砾岩体与围岩南侧接触带 1100～1200 m 标高之间可能为另一有利成矿部位,主要依据为:堡子湾金矿在 15 线附近角砾岩体与围岩的南侧接触带附近成矿一般较好,如 1390 m 标高附近(图 4);此处角砾岩体与围岩的接触面产状变化较大,成矿热液易于聚集(图 3);另外,单个矿体具有尖灭侧现的规律。综合以上因素,推测在这一部位可能有矿体出现。同时,根据成矿规律并结合浅层地震勘探结果对 900～1000 m 标高的可能的靶位进行了预测,以上预测结果详见图 6 所示。同时,布置了两个钻孔,为了节省资金和时间,将钻孔均布

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

置在 1310 坑道内。另外,为了进一步确定角砾岩体的北部边界,还在 1270 坑道布置了一个水平钻孔。详见图 6 所示。

6 后期工程验证结果

2001 年度完成了一个水平钻孔(ZK151)和一个垂直钻孔(ZK156)的勘探任务。两个钻孔均见矿。其中,ZK156 钻探深度达 511.10 m,钻探结果表明:除了在预测靶位见矿外,在其上、下也见到了矿体,表外矿体(大于 1.0×10^{-6})和表内矿体(3.0×10^{-6})累计视厚度 32.99 m,其中,表内矿体累计厚度达 10.33 m。1180 m 标高以下,表外矿体和表内矿体累计视厚度达 24.56 m,其中,表内矿体厚度达 7.12 m。最高工业品位达 19.23×10^{-6}。详见图 7 所示。需要说明的是,1200 m 标高以下矿体的形态只是示意性的,还有待后期工程的修正。另外,ZK151 的验证结果与浅层地震勘探结果相吻合,在反射剖面上,显示有几条垂向裂隙出露。

7 讨 论

工程验证结果表明,一方面说明我们对堡子湾金矿的成矿规律的认识是正确的,预测的靶位是准确的;另一方面也说明使用的各种探测手段是有效的,尤其是浅层地震勘探技术,有推广的必要。目前,国内一大批金属矿山面临着资源危机的问题,制约了矿山的可持续发展。大多数矿山的开采深度与国外的矿山相比还是比较小的,其深部和外围潜在的资源有待开发。有的矿山进行了一定程度的深部探矿工作,但效果不佳,受资金等问题的限制,不得不中途停止。这里的关键所在是对矿床的成因、矿化类型、成矿期次、成矿规律、矿体在三维空间的站位法则尤其是矿体在垂向上的变化规律的认识是否与客观实际相符。同时,为了排除物化探结果的多解性,要求我们根据当地的实际情况并结合方法、仪器本身的特点,再加上实践经验,采取地球物理和地球化学综合探测技术,以达到最大限度地逼近客观实际,以期达到最佳的找矿效果。

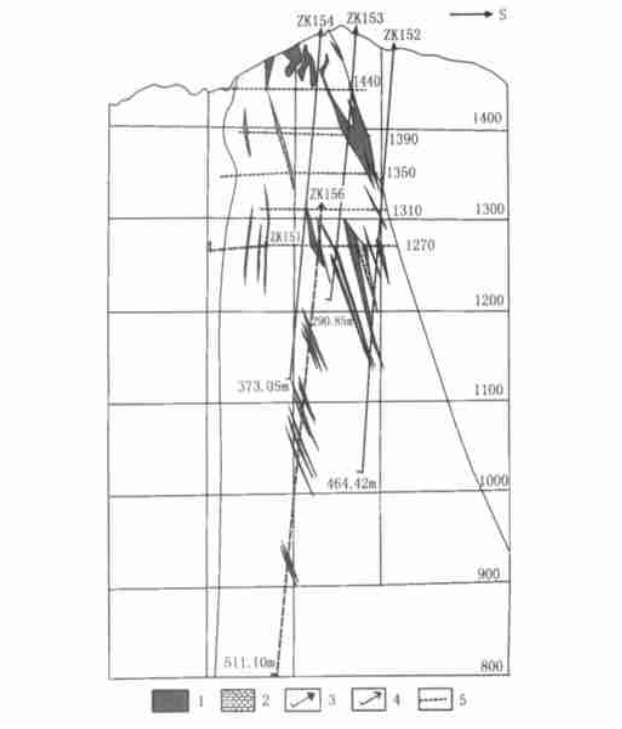

图 7 隐伏矿体预测验证结果示意图

1—表内矿体;2—表外矿体;3—验证钻孔;4—前期勘探钻孔;5—坑道

在堡子湾金矿工作期间得到山西大同黄金矿业股份有限公司王文成、韩玉军、高洪兴、张北廷、刘凤歧、姚文华、魏兴亮、席涌乾、魏广庆、郝俊杰的帮助并进行了有益的讨论,与矿山的合作非常愉快,在此表示感谢!

[参考文献]

[1] 蔡新平. 金厂屿金矿的控矿构造及其地球物理验证[J]. 黄金科学技术,1994,2(5 总 68):1～7.

[2] 梁光河. 浅层地震勘探在云南北衙地区隐伏金矿预测中的应用[J]. 黄金科学技术,2000,8(6 总 95):1～9.

[3] 赵利青. 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.

[4] 李少众. 东坪金矿床地质—地球化学找矿模式及找矿预测[J]. 地质与勘探,2002(6):27～30.

THE PROGNOSIS OF CONCEALED OREBODIES AND ENGINEERING CONFIRMATION IN THE POZIWAN GOLD DEPOSIT, SHANXI PROVINCE

HAN Jin - liang[1,2], ZHANG Bao - lin[1], CAI Xin - ping[1], LIANG Guang - he[1], GAO Hao - zhong[1], DING Ru - fu[1], WANG Jie[1]

(1. *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100029;
2. *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing* 100081)

Abstract: Based on metallogenic laws and combined with results of shallow seismic prospecting and geochemistry, the concealed orebodies near 15 line in the Poziwan gold deposit were forecasted, and tested by engineering confirmation.

Key words: gold deposit, Prognosis of concealed orebody, engineering confirmation

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net