

## 胶东上庄金矿床深部找矿信息综合研究

步关宾<sup>1</sup>,张尚坤<sup>2</sup>,丁文军<sup>1</sup>,王文胜<sup>1</sup>,刘新合<sup>1</sup>

(1. 招金矿业股份有限公司蚕庄金矿, 山东 招远 265402; 2. 山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013)

**摘要:**近年来,深部找矿研究已成为矿产勘查学中备受关注的研究课题之一。受目前矿产勘查理论与技术水平的限制,深部找矿工作中有效找矿信息难获取、难识别,并且所获取信息可靠性低、多解性强;由于深部矿化特征与浅部矿化特征又往往存在较大的差异,致使浅部有效的找矿信息难以直接运用于深部矿的探测中。这些因素导致目前深部找矿工作的不确定性强,风险性大。通过对上庄金矿床的地质信息(包括:控矿断裂构造信息、控矿岩浆岩信息)、矿化信息(包括:矿物学信息、围岩蚀变信息、地球化学信息、地球物理信息)等方面的综合研究,并将有关成果应用于上庄金矿床的深部找矿工作中,发现了焦家带I号矿体,取得了显著的找矿效果。

**关键词:**深部找矿;综合找矿信息;上庄金矿床;胶东

**中图分类号:**P618.51

**文献标识码:**A

## 0 引言

深部找矿面临的重大难题之一就是有用找矿信息难以获取,并且已获得的找矿信息因其可靠性低、多解性强的特点造成指导深部找矿的有效性降低。对所获得的有关深部找矿信息进行充分的挖掘和综合研究,成为决定能否经济、高效地取得深部找矿突破的关键。

招远蚕庄金矿上庄矿区位于胶东地区胶北隆起西北部,属于著名的招(远)-掖(县)成矿带焦-新金矿田的一部分。近年来,随着资源消耗的不断加大和新增资源找寻难度的加大,经济、高效地探寻到可供接替的新增资源已成为矿山企业的强烈愿望。近几年,笔者以地质分析为基础,强化对现有资料的二次开发利用,积极开展多元信息综合研究,在望儿山断裂带深部及其焦家带发现了新的工业矿体,使矿山储量得到了大幅度增长,实现了该矿区深部及外围找矿的重大突破,凸显了找矿信息综合研究在该矿区深部找矿中的作用。

## 1 矿区地质

上庄矿区位于胶东焦家-新城金矿田的焦家断裂带中段的弧形转弯处(图1)。矿区内出露的地层简单,主要为新生界第四系和大小不一的胶东岩群残留体,后者零星地分布于玲珑片麻状花岗岩和郭家岭似斑状花岗闪长岩中。

矿区内构造以断裂为主,NE向焦家断裂为该区的主构造,其上盘是洼曲家断裂构造带,下盘依次是东庄子、侯家、望儿山断裂,这些断裂构成了该区的基本构造格架。其中与上庄金矿床成矿作用密切的断裂构造为望儿山断裂,该断裂发育于玲珑超单元内或沿玲珑超单元与郭家岭超单元接触带发育,为焦家主断裂下盘分支断裂,并于北部朱宋地段与主断裂交会,断裂长12 km,宽30~100 m,走向10°~45°,倾向NW,倾角50°~65°,矿体多赋存于主裂面上、下0~40 m的黄铁绢英岩、黄铁绢英岩化花岗岩碎裂岩带内,沿断裂走向拐弯,倾角由陡变缓部位是矿床赋存的有利部位。

矿区出露的岩浆岩主要为玲珑片麻状花岗岩和郭家岭似斑状花岗闪长岩。前者以岩基的形式产出,属于玲珑岩体;后者以岩株的形式产出,属于上庄岩体。前人研究认为,郭家岭似斑状花岗闪长岩

\* 收稿日期:2013-03-26;修订日期:2013-05-29;编辑:陶卫卫

作者简介:步关宾(1966—),男,山东招远人,工程师,主要从事地质勘查和矿山地质工作;E-mail:b13465585766@163.com。

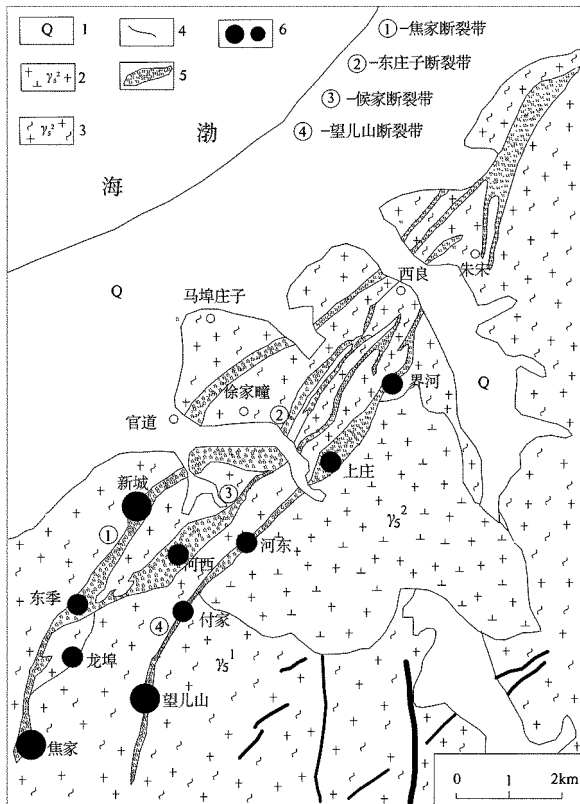


图1 焦新金矿田地质略图

(据矿山内部资料修编)

1—第四系;2—郭家岭花岗岩;3—玲珑片麻状花岗岩;4—中基性岩脉;5—断裂破碎蚀变岩带;6—大中型金矿床

属于幔源岩浆与壳源岩浆混合后经分异作用而成的同熔深成型花岗岩类其与金矿床存在密切的空间关系<sup>[1]</sup>,孙华山<sup>①</sup>进一步研究认为,郭家岭花岗岩与断裂构造联合是该区寻找蚀变岩型金矿的首要控矿条件。矿区范围内上庄岩体侵入于玲珑片麻状黑云母花岗岩中,北、东、南三面与玲珑花岗岩呈侵入接触,西部与玲珑花岗岩呈断层接触。岩体呈长轴北东延长的椭圆形,长约4.3 km,宽约2.9 km,面积约10.8 km<sup>2</sup>。岩体的主要岩性为似斑状花岗闪长岩,其边部有少量的似斑状石英闪长岩。

矿区内出露的脉岩主要有石英闪长玢岩、辉绿玢岩煌斑岩、伟晶岩等,其中石英闪长玢岩、辉绿玢岩、煌斑岩均与金矿化有一定的关系,部分脉岩直接与矿体共生或直接影响矿体的产出。

受断裂构造的控制,矿区内望儿山断裂带中矿体赋存于主断裂面的上下盘,平面上形成3个矿体群,自南西向北东依次是Ⅲ-Ⅷ号矿体群、Ⅱ-Ⅸ-Ⅺ号矿体群、Ⅶ号矿体群,各主要矿体群之间具等距分

布特点,目前Ⅲ号、Ⅷ号是该矿区的主要矿体。矿体群内单个矿体呈脉状、透镜状,走向上舒缓波状延伸,且延深远大于延长,长轴方向向SW侧伏,工业矿体沿侧伏方向尖灭再现或夹缩膨胀。矿化主要产于黄铁绢英岩化花岗岩中,深部主要产于黄铁绢英岩化碎裂状花岗岩中。

矿石中的有用矿物为自然金和银金矿。金的载体矿物主要有黄铁矿、石英,其次为黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等。矿石的结构类型较多,并且经常相伴出现,主要有:压碎结构、填隙结构、自形一半自形粒状结构、包含结构等。矿石构造种类繁多,主要有细脉浸染状构造、浸染状构造、细脉状构造、斑点状构造等。根据矿石的结构、构造以及矿物组合特征,将矿石的自然类型分为:浸染状黄铁绢英岩型、黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩型以及钾化花岗岩细脉充填型。

## 2 综合找矿信息

上庄金矿是一个开采多年的老矿山,曾先后有多家地勘单位和科研单位做了大量的工作,积累了丰富的地质资料。其中蕴藏了大量地质、地球化学和地球物理等方面的找矿信息,笔者根据深部找矿工作的急需,对有关找矿信息进行了系统的归纳总结,以便为深部预测找矿工作提供科学依据。

### 2.1 地质信息

地质信息是指地质体所显示的特征或利用某种技术手段对地质体的具体度量、推断的结果<sup>[2]</sup>。对某矿床找矿地质信息的提取必须建立在该矿床控矿地质要素的准确认识和提取的基础之上。关于对上庄金矿床找矿地质信息的综合研究即是对该矿床控矿地质要素总结升华的产物。

#### 2.1.1 控矿断裂构造信息

上庄金矿床为一受断裂构造控矿作用明显的构造蚀变岩型和石英脉型金矿床,从复杂的断裂构造中准确提取出控制矿体产出的构造特征,并正确认识控矿构造的具体赋矿部位将是关乎成矿预测准确性的关键要点之一。

望儿山断裂是控制上庄金矿床产出的地质构造,而望儿山断裂在上庄-界河矿区内由F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>两条

① 孙华山,山东招金集团蚕庄金矿上庄矿区深部及外围成矿预测研究,2007年。

分支断裂组成;  $F_1, F_2$  沿走向构成一个长约 1.8 km 的构造结环, 上庄、界河 2 个相邻矿区的矿体主要沿这个结环构造分布, 而构成上庄-界河结环构造的 2 条分支断裂发育程度具有明显的“互补性”, 其中上庄矿区以发育结环构造的下盘分支断裂  $F_2$  控矿为主, 上盘分支断裂  $F_1$  在上庄矿区不发育<sup>[3]</sup>。平面上在结环构造地段, 尤其是结环构造交会部位, 以及断裂带沿走向右转地段是成矿有利构造部位。

断裂构造带舒缓波状延伸导致矿体具有规律性的膨大、尖缩现象, 在走向和垂向上表现出分段富集特征。在垂向上断裂面产状由缓变陡地段是矿化富集位置, 具体如主断裂面凹凸转换部位成矿最为有利, 凸起部位成矿有利度次之, 凹陷部位成矿最为不利。

此外热液活动沿断裂构造活动产生明显的构造蚀变分带现象, 紧靠主断面糜棱岩发育地段多为多期构造活动叠加部位, 也往往是工业矿体产出的部位; 远离主裂面上盘与主裂面呈入字型交会或近于平行的次级张剪性—张性断裂一般控制了(网)脉状热液充填型矿体的产出分布; 而远离主裂面下盘与主裂面倾向相反的次级张剪性—张性断裂也是(网)脉状热液充填型矿体的有利产出部位。此外, 靠近主裂面的上下盘黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带往往控制了蚀变岩型矿体的产出分布, 具体有利的赋矿蚀变岩以黄铁绢英岩最佳, 其次为黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩, 再次为硅化岩。

### 2.1.2 控矿岩浆岩信息

前已述及, 矿区范围内的郭家岭花岗闪长岩体与金矿床存在密切的空间关系, 为该区蚀变岩型金矿的重要控矿因素之一。而矿区内郭家岭花岗闪长岩体与玲珑花岗岩体接触带界面起伏明显, 并且似有凹凸相间的特点, 玲珑岩体底板的下底面即是下伏郭家岭花岗闪长岩体的顶界面, 金矿体主要沿其凹陷展布。矿区内金矿体主要分布在隐伏的郭家岭花岗闪长岩侵入体的前缘, 在岩体接触带凹凸变化明显的部位是矿体出现的有利部位, 岩凸对应部位的断裂构造蚀变带是矿体出现概率较大的部位, 此外在岩体前缘岩瘤状突起部位也是矿体重要产出部位。

综合控矿断裂和控矿岩浆岩的特征, 可将该矿床控制矿体产出的地质因素表述为: 矿体产出受郭家岭花岗闪长岩体接触带形态和断裂构造蚀变带联合控制, 寻找与郭家岭花岗闪长岩有关的断裂构造

蚀变带应成为该区今后找矿的主攻方向(图 2)。

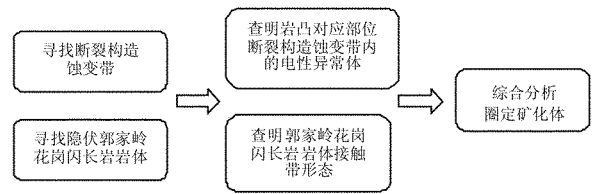


图 2 招掖地区金矿床深部及外围找矿勘查思路示意图

## 2.2 矿化信息

矿化信息是指从地质信息中提取出来的, 能够指示、识别矿产存在或可能存在的事实性信息和推测性信息的总和<sup>[3]</sup>。以下将从矿物学信息、蚀变信息、原生晕地球化学信息和地球物理信息等几个方面对上庄金矿床的有利矿化信息予以总结提取。

### 2.2.1 矿物学信息

上庄金矿床中最主要的载金矿物为黄铁矿, 通过综合研究上庄金矿床中黄铁矿特征大体可将其分为 3 期, 其中与金成矿关系最为密切的成矿期黄铁矿以中细粒为主, 部分为微细粒, 颜色较暗, 以(稠密)浸染状、(网)脉状产出; 而形成于主成矿期之前的早期黄铁矿主要呈自形—半自形粒状结构、浸染状产出于围岩蚀变带中, 形成于主成矿期之后的晚期黄铁矿多呈中粗粒状结构, 多伴随碳酸盐化产出, 早期黄铁矿和晚期黄铁矿含金性差。

含金较好的矿石中黄铁矿呈不同程度的碎裂化, 金矿物主要充填于黄铁矿的裂隙、晶隙或凹坑之中, 反映出大多数黄铁矿形成时间比金早的成矿特征信息。在裂隙充填型矿石富金部位黄铁矿粒间常见晚期硅化石英脉胶结, 蚀变岩型矿石富金部位细粒, 他形黄铁矿与含金矿物共生于黄铁绢英岩细脉内, 这表明晚阶段的黄铁绢英岩化和硅化等晚期热液活动叠加改造作用对金矿化富集有着积极的作用。

不同矿化类型矿石中黄铁矿形貌存在差异。其中, 花岗岩内部裂隙脉状热液充填型矿石中含金较好的黄铁矿晶型多呈他形粒状, 破碎强烈, 破裂面主要分布在黄铁矿物的边缘, 内部相对较完整, 贯通性裂隙不发育, 金矿物多赋存于黄铁矿的边缘裂隙中; 黄铁绢英岩型矿石中载金黄铁矿晶型多呈自形、半自形状, 矿物颗粒边界较平直, 截面形态表现为正方形、五边形、六边形等多种较规则形态特征, 与脉状

充填型矿石黄铁矿不同,该类型黄铁矿边界较平直,但内部表面粗糙,凹坑、贯通型裂隙发育,金矿物多赋存于黄铁矿的内部贯通型裂隙中;硅化花岗岩细脉浸染型矿石黄铁矿形貌特征与黄铁绢英岩型矿石相似,并可见破碎的黄铁矿碎斑多具一定的磨圆和棱角钝化现象。

### 2.2.2 围岩蚀变信息

该区蚀变类型主要有钾长石化、绢云母化、硅化、黄铁绢英岩化、碳酸盐化。钾长石化属于典型的高温热液蚀变类型,绢云母化、硅化、黄铁绢英岩化是中温热液的常见类型,而碳酸盐化是低温热液的常见蚀变类型之一。从高温至低温的围岩蚀变代表了岩浆期后热液演化的历程,每一个阶段对金矿化的形成都有着或多或少的联系。

钾长石化是与花岗岩有关的超大型、大型金矿床常见的蚀变类型。研究表明<sup>[4]</sup>,成矿前期或深部的碱交代(钾长石化为其常见表征形式之一)是金活化转移或流体获得成矿物质的重要过程,尤其对于金丰度相对较低的花岗岩成矿而言,成矿前期或深部的碱交代作用是不可或缺的。胶东地区,无论是蚀变岩型金矿(焦家式)还是石英脉型金矿(玲珑式),其叠加蚀变带下方或根部均广泛存在钾长石化带,即金的浸出带。因此,钾长石化尽管与蚀变岩型金矿体在空间上没有直接关系,但是它的发育与否直接制约着花岗岩有关金矿床的规模,并且可以作为追踪金矿化的重要指示。

绢云母化是富钾质的热液中温阶段水岩反应的产物,也是热液钾化作用的延续。但是从绢云母形成温度及其与金矿化空间接触关系推断,这个阶段热液中虽然钾质过剩,但是其浓度及迁移能力已远远不及高温钾长石化作用阶段,并且常见浸染状自形一半自形黄铁矿出现,构成黄铁绢英岩化表明,由于钾质等碱土金属离子的大量析出,部分含金络合物已开始分解,形成金属硫化物,并伴随有少量包裹金形成。因此,与钾长石化不同,绢云母化出现在金矿体的周围,是一种近矿围岩蚀变,可以作为寻找金矿床的直接标志。

硅化的出现代表了成矿热液性质的一种显著改变,即由早期富钾质热液向富硅质热液的转变。该区硅化作用可以进一步划分为早期压扭性剪切构造应力场下的硅化作用阶段,和晚期张扭性剪切构造应力场下的硅化作用阶段。早期硅化作用阶段在早

期钾长石化和绢云母化作用阶段已经存在,表现为在钾长石化或绢云母化斑晶矿物的周围有大量的出溶石英,并伴有明显的定向性及塑性流变特征。具有显著变形、致密坚硬的硅化岩大量存在,早期硅化作用阶段是一个持续时间较长、物质供给相对丰富的水岩反应阶段。在这个阶段压扭性剪切断裂的间歇性活动,一方面有助于构造岩角砾的不断细粒化,另一方面有助于硅质交代作用的彻底进行,最终形成变形特征显著、厚实、致密的硅化岩带。晚期硅化作用阶段,一般表现为花岗岩或早期蚀变岩内部的细(网)脉状石英硫化物脉体,脉体的形态特征显示出张性、张扭性裂隙的特点,矿物变形不明显,但自形程度相对较差,推测其成因可能为张性或张扭性构造应力场下断裂活动之产物,也可能是水压致裂之结果。与晚期硅化阶段相比,早期硅化阶段也伴随有自形程度较好黄铁矿出现,但含金较差,晚期硅化阶段形成的石英硫化物脉体普遍含金品位较高,一般大于 10 g/t,高者可达几百 g/t。

尽管大量的研究表明,金在热液中的搬运形式主要是以硫氢络合物([Au(AsS)]<sup>2-</sup>, [Au(As<sub>2</sub>S)]<sup>2-</sup>)的方式进行,但在水岩作用过程中,随着碱土金属的大量析出,硫氢络合物分解,硫氢络金离子([Au(AsS)]<sup>2-</sup>, [Au(As<sub>2</sub>S)]<sup>2-</sup>)开始变得不稳定,开始出现部分热液中的硫与岩石中的铁结合,形成黄铁矿,这时释放出来的自然金可以进入黄铁矿内部以包体金的形式存在<sup>[5]</sup>。但是,由于成矿物理条件(如温度、压力)尚未出现大的变化,只有化学条件发生了变化,并未导致硫氢络金离子的大量分解,因此,早期硅化作用阶段通常伴随有星散状或稀疏浸染状黄铁矿化,并且含金性差;晚期硅化阶段成矿物理条件(此处主要指压力)发生了显著改变,即由原来的压扭性构造应力场转变为张扭性、张性构造应力场,导致硫氢络金离子的大量分解,黄铁矿和自然金大量交织沉淀在一起。由此推测,在富含钾质的成矿热液中,金主要以可溶的硫氢络金化合物形式发生迁移,而在硅质为主的成矿热液中,虽然目前尚不能给出金的确切迁移形式,但可以肯定硫氢络金离子并未大量分解,而是与 H<sub>2</sub>O, SiO<sub>2</sub> 等成分在热液中存留了相当一段时间,导致硫氢络金离子大量分解的根本原因在于成矿物理条件的突然改变,该区即是构造应力场条件的突然变异。因此,硅化可能并不是导致金和硫化物大量从热液中析出的直接原因,但是,早、晚硅化阶段所显示的不同岩

组特征及与金矿化关系,既可以揭示成矿的动力学条件,又可以成为找矿的重要近矿围岩蚀变标志。

该区碳酸盐化一般表现为在早期蚀变岩局部叠加有碳酸盐脉产出,脉体不连续,明显穿插了早期蚀变岩石,但与黄铁绢英岩化、硅化不同,碳酸盐化不是该区蚀变岩型金矿的充分必要条件。

### 2.2.3 地球化学信息

上庄金矿床原生晕分带具有较明显的规律性,并可运用于对深部矿体成矿预测工作。

该矿床原生晕轴(垂)向分带序列相对稳定,矿区原生晕分带与矿体原生晕分带差异不大;且不同矿体原生晕轴(垂)向分带差异亦不明显。因此,可以通过典型矿体原生晕分带特征的解剖,总结适用于该矿区的原生晕轴(垂)向深部矿体预测标志。研究认为适用于该矿区-750 m 以上的原生晕轴(垂)向分带序列为: B-(Hg+W+Bi)-(As+Mn+Co)-Zn-(Au+Ag)-Pb-Mo。

该矿床原生晕分带呈现叠加晕特征,单一的头部分晕→近矿晕→尾部晕组合已不存在。表现为:其一,在原生晕轴(垂)向序列中,第一矿化富集带以头部晕和尾部晕叠加为特色,第二矿化富集带以头部晕和近矿晕叠加为特点,说明矿体向下还应有相当延伸;其二,在典型矿体原生晕叠加模式上,矿体间断部位普遍出现头部晕和尾部晕的叠加;其三,地球化学参数变化曲线呈强烈振荡形式,多处出现头部和尾部晕的叠加,反映了成矿作用的多期和多阶段特点。

矿床原生晕叠加模式可以进一步划分为 2 种情况。其一,头部晕和尾部晕同位叠加,并且叠加的程度相对较弱;其二,头部晕、近矿晕和尾部晕同位叠加,并且叠加的程度相对较强。前一种情况对应于 2 个矿体间隔相对较小,如Ⅷ号矿体-200 m 附近情况,其下有隐伏矿体存在,但矿体规模相对较小;后一种情况对应于 2 个矿体间隔相对较大,如Ⅷ号矿体-350~-400 m 附近情况,不仅下部有一个较大矿体存在,而且 2 个大矿体之间可能有小矿体存在。由于小矿体规模小,不利于热液原生晕分带的形成,故此出现头部晕、近矿晕和尾部晕同位叠加。因此,不应忽视这一现象的存在,应加强 2 个矿化富集带间的找矿勘探工作。

## 2.3 地球物理信息

可控源音频大地电磁法(CSAMT)是近年发展

起来的一种电磁测深新方法。由于其具有强大的激发电流源,供电极距大,因此测深大,是传统电磁测深的 4~5 倍,已成为深部找矿的重要手段之一。近年来,招掖地区大部分金矿山都开展过此种方法的深部找矿工作,积累了大量的这方面资料。该区已有的大地电磁测深找矿实践证明,电阻率异常与矿体位置吻合程度较高,反映了该探测方法在该区找矿工作中的有效性。

收集了招掖地区部分矿区的 CSAMT 资料,研究表明,在 CSAMT 电磁测深剖面上,不同矿区深部均存在电磁特征差异明显的“双层结构”,即上部为低阻低磁结构层,下部为高阻高磁结构层。根据岩石物性参数可将其解译为上部玲珑花岗岩层,下部郭家岭花岗闪长岩层。揭示了该区金矿床深部郭家岭花岗闪长岩普遍存在的特点。此外,根据 CSAMT 长剖面与已有矿区勘探线剖面叠加显示,矿体产出于深部郭家岭花岗闪长岩体接触界面形态复杂,凹凸起伏大的部位,并且往往与岩凸相对应,与前述有矿部位郭家岭花岗闪长岩岩体接触面形态特征基本一致。

赋存于花岗岩与胶东岩群老地层断裂构造接触带内部的金矿床的地球物理特征表现为:与玲珑片麻状花岗岩相比,胶东岩群老地层和含矿的断裂构造接触带视电阻率均显著降低,前者与后者接触部分存在一个明显的视电阻率梯降带,视电阻率曲线表现为不对称阶梯状形态特征;与胶东岩群老地层低缓视电阻率相比,含矿的断裂构造接触带视电阻率虽然在数值上与其没有显著差异,但含矿的断裂构造带视电阻率振荡程度较胶东岩群地层的视电阻率震荡剧烈;对赋存于花岗岩体内部断裂破碎带中的金矿床而言,玲珑片麻状花岗岩与郭家岭花岗闪长岩的视电阻率相差不显著,而含矿断裂构造带视电阻率与两岩体的视电阻率存在显著差异,含矿断裂构造带的视电阻率曲线表现为“U”或“V”字型样式。

## 3 综合找矿信息研究在上庄金矿床深部找矿中的成效

上庄矿区以往地质工作仅仅局限于望儿山断裂带深部及两翼的找矿,对其上盘的断裂构造蚀变带研究很少,通过对前人资料进行分析认为:①焦家带弧形转弯处,走向由 NE 转为近 EW 向,且与其呈菱形结环的东庄子断裂带在此交会,是有利的成矿部

位。②控制望儿山带的 287 线 287ZK3, 287ZK4, 279ZK1 钻探工程均揭露了焦家带, 带内裂隙发育, 蚀变较强, 其中 287ZK3 首次发现方铅矿细脉, 局部零星黄铁矿化, 属于多金属硫化物阶段; 主断面附近常发育糜棱岩, 实为玲珑花岗岩与郭家岭似斑状花岗岩闪长岩接触面, 该构造属于侵入断裂叠加构造带, 具有良好的找矿前景。③据 CSAMT 法物探资料, 该带深部-500~-900 m 出现低阻异常, 可能是金属硫化物所致。④焦家断裂带上盘土壤化探测量得到的 Au, Ag, Cu, Pb, Zn 组合异常(图 3)。这些信息充分说明焦家带拐弯处找矿潜力巨大。因此参照了新城金矿矿体侧伏向和侧伏角资料, 在深部-100~-820 m 处探得工业矿体, 发现了焦家带 I 号矿体, 并分析认为该矿体深部仍具找矿潜力。

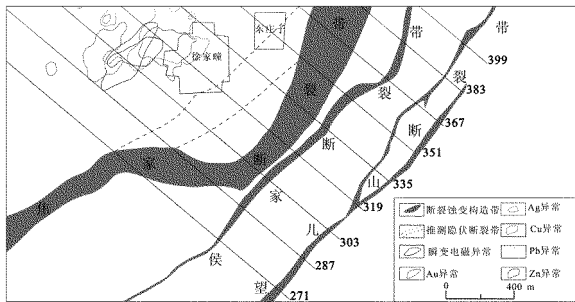


图 3 上庄金矿床构造及土壤地球化学次生晕分布图(含瞬变电磁异常)

### 4 结论

在胶东上庄金矿床深部找矿过程中, 通过对找矿信息的综合提取研究, 针对各种找矿信息的特点, 使多种信息得以互为验证、互补有无, 从而取得了明显的找矿成效。

(1) 上庄金矿床矿体产出受郭家岭花岗闪长岩体接触带形态和断裂构造蚀变带联合控制, 寻找与郭家岭花岗闪长岩有关的断裂构造蚀变带应成为该区今后找矿的主攻方向。

(2) 望儿山断裂控制着上庄金矿床的产出, 而望儿山断裂分支 F1, F2 组成的构造结环控制着具体矿体的产出, 平面上结环构造交会部位, 以及断裂带沿走向右转地段是成矿有利构造部位; 在垂向上断裂面产状由缓变陡地段是矿化富集位置。

(3) 上庄金矿床中最主要的载金矿物为黄铁矿, 含金较好的矿石中黄铁矿呈不同程度的碎裂化, 大多数黄铁矿形成时间比金早, 黄铁矿的多少并不是

决定金矿化富集的关键因素, 而晚期富金热液活动是导致金矿化富集的根本原因。通过黄铁矿的形貌标型研究来判断黄铁矿是否经受后期含金热液的叠加改造, 能为深部找矿信息的提取提供一定科学依据。

(4) 该区蚀变类型主要有钾长石化、绢云母化、硅化、黄铁绢英岩化、碳酸盐化, 这些蚀变对金矿的形成都有着或多或少的联系。其中钾长石化虽与蚀变岩型金矿体在空间上没有直接关系, 但其发育与否直接制约着花岗岩有关金矿床的规模, 并可作为追踪金矿化的重要指示; 绢云母化出现在金矿体的周围, 属近矿围岩蚀变, 可以作为寻找金矿床的直接标志; 硅化蚀变可分早晚两期, 其中早期硅化含金较差, 晚期硅化阶段形成的石英硫化物脉体普遍含金品位较高; 碳酸盐化一般表现为在早期蚀变岩局部叠加有碳酸盐脉产出, 它不是该区蚀变岩型金矿的充分必要条件。

(5) 上庄金矿原生晕分带具有较明显的规律性, 该矿床原生晕轴(垂)向分带序列相对稳定, 适用于该矿区-750 m 以上的原生晕轴(垂)向分带序列为: B-(Hg+W+Bi)-(As+Mn+Co)-Zn-(Au+Ag)-Pb-Mo。有效的矿床原生晕叠加模式可以划分为 2 种情况。其一, 头部晕和尾部晕同位叠加, 并且叠加的程度相对较弱, 这种情况对应于 2 个矿体间隔相对较小, 其下有隐伏矿体存在, 但矿体规模相对较小; 其二, 头部晕、近矿晕和尾部晕同位叠加, 并且叠加的程度相对较强, 这种情况对应于 2 个矿体间隔相对较大, 下部不仅有一个较大矿体存在, 而且 2 个大矿体之间可能有小矿体存在。

(6) 矿区深部视电阻率探测对该矿床深部找矿过程中有效地球物理信息获取具有一定效果。与玲珑片麻状花岗岩相比, 含矿的断裂接触构造带视电阻率均显著降低; 与胶东岩群老地层低缓视电阻率相比, 含矿的断裂接触构造带视电阻率振荡程度较胶东岩群地层的视电阻率震荡剧烈; 对赋存于花岗岩体内部断裂破碎带中的金矿体而言, 含矿断裂构造带视电阻率与岩体的视电阻率存在显著差异, 含矿断裂构造带的视电阻率曲线表现为“U”或“V”字型样式。

(7) 通过对望儿山断裂带上盘的断裂构造蚀变带综合研究, 对焦家带断裂带综合研究、对深部 CSAMT 法物探信息提取和对焦家断裂带上盘土壤

化探信息提取,参考新城金矿床矿体侧伏特征,最终在焦家 I 号矿带找矿中取得突破。

## 参考文献:

- [1] 李洪奎, 嵇传源, 耿科, 等. 胶东地区郭家岭岩体岩石构造组合特征及地质意义[J]. 山东国土资源, 2011, 27(10): 1-6.
- [2] 赵鹏大, 迟顺都, 李志德, 等. 矿产勘查理论与方法[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2006.
- [3] 曹新志, 孙华山, 徐伯骏, 等. 隐伏矿床(体)找矿前景快速评价的有效方法与途径研究[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2008.
- [4] 胡受系, 赵乙英, 孙贵景, 等. 华北地台重要金矿成矿过程中的流体作用及其来源研究[J]. 南京大学学报(自然科学), 2002, 38(3): 381-391.
- [5] 山东招金集团有限公司. 招远金矿集中区地质与找矿[M]. 北京: 地震出版社, 2002.

# Study on Comprehensive Ore – Prospecting Information in the Deep Part of Shangzhuang Gold Deposit in Jiaodong Area

BU Guanbin<sup>1</sup>, ZHANG Shangkun<sup>2</sup>, DING Wenjun<sup>1</sup>, WANG Wensheng<sup>1</sup>, LIU Xinhe<sup>1</sup>

(1. Canzhuang Gold Deposit of Zhaojin Mining Industry Limited Company, Shandong Zhaoyuan 265402, China; 2. Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract:** In recent years, deep deposit exploration receives much concern in the research field of metallogeny and mineral exploration. Limited by the theory and technical level of mineral exploration, effective prospecting information is difficult to obtain and distinguish in the deep deposit exploration, and the information obtained is low reliability and multi solvability. Because there is a big difference between shallow and deep mineralization, prospecting information in shallow part is difficult to be directly applied to the detection of deep ore bodies. These factors have led to strong uncertainty and risks in deep exploration. Based on comprehensive study of geological information (including ore – controlling fault structure information, ore – controlling information of magmatic rocks) and mineralization information of Shangzhuang gold deposit (including mineralogy information, wall – rock alteration information, geochemical and geophysical information), the achievements have been applied in deep prospecting of Shangzhuang gold deposit, Jiaojia I ore body has been found, and a significant prospecting effect has been gained as well.

**Key words:** Deep exploration; comprehensive ore – prospecting information; Shangzhuang gold deposit; Jiaodong area