

激电中梯测量在莒南金矿找矿中的应用

梅西华, 王士党, 孙立鹏, 杨冲

(山东泰山地质勘查公司, 山东 泰安 271000)

摘要:山东省莒南县东书院金矿是胶南隆起上曾开采过的小型金矿床, 金矿石类型为黄铁绢英岩化碎裂岩型, 矿床工业类型为中低温热液岩浆型矿床。采用激电中梯测量与钻探资料结合, 共圈定金矿体3个。其中, Au I 矿体为矿区主体, 金品位 $(2.64 \sim 4.28) \times 10^{-6}$, 平均品位 3.46×10^{-6} 。

关键词:东书院金矿; 激电中梯; 矿体特征; 莒南

中图分类号: P631.3

文献标识码: B

引文格式: 梅西华, 王士党, 孙立鹏, 等. 激电中梯测量在莒南金矿找矿中的应用[J]. 山东国土资源, 2016, 32(5): 68-74. MEI Xihua, WANG Shidang, SUN Lipeng, etc. Application of Induced Polarization Gradient Array Measurement in Gold Prospecting Junan Gold Deposit[J]. Shandong Land and Resources, 2016, 32(5): 68-74.

1 地质概况

东书院金矿床属于胶南隆起上的蚀变岩型金矿床(图1), 其在构造控矿、围岩蚀变和矿体稳定性等方面与“焦家式”金矿床有许多相似之处, 但在地层、岩浆岩等方面确有显著区别^[1]。矿区含金矿源层为元古代胶南群变质岩, 其原岩为一套成分复杂的碎屑岩和碳酸盐岩^[2]。

1.1 大地构造背景

东书院位于沂沭断裂带的主干断裂昌邑-大店断裂的东侧。大地构造属于秦岭-大别-苏鲁造山带(I)胶南-威海隆起区(II)、胶莱盆地东部(III)、五莲-莒南断陷(IV)、莒南凹陷(V)东南缘, 南与洙边凸起(V)接壤^[3]。

1.2 地层

该区出露的地层主要有元古代胶南群, 岩性为钾长石片麻岩、钾长浅粒岩、混合岩等^[1], 以及中生代白垩纪青山群八亩地组、石前庄组、方戈庄组, 王氏群林家庄组、辛格庄组、红土崖组和新生代第四系山前组、黑土湖组、临沂组、沂河组。

1.3 构造

区域断裂构造比较发育, 以 NE 向断裂构造为

主, 近 EW 向断裂构造次之, NE 向断裂性质以压扭性为主, 倾角一般 $55^\circ \sim 85^\circ$ 。断裂规模巨大, 次级断裂较发育, 带内岩石破碎。

NE 向断裂构造主要有穿过东书院相家沟-洙边断裂、王祥-上涧断裂、东高家庄-后净埠断裂、黑林-演马断裂等。

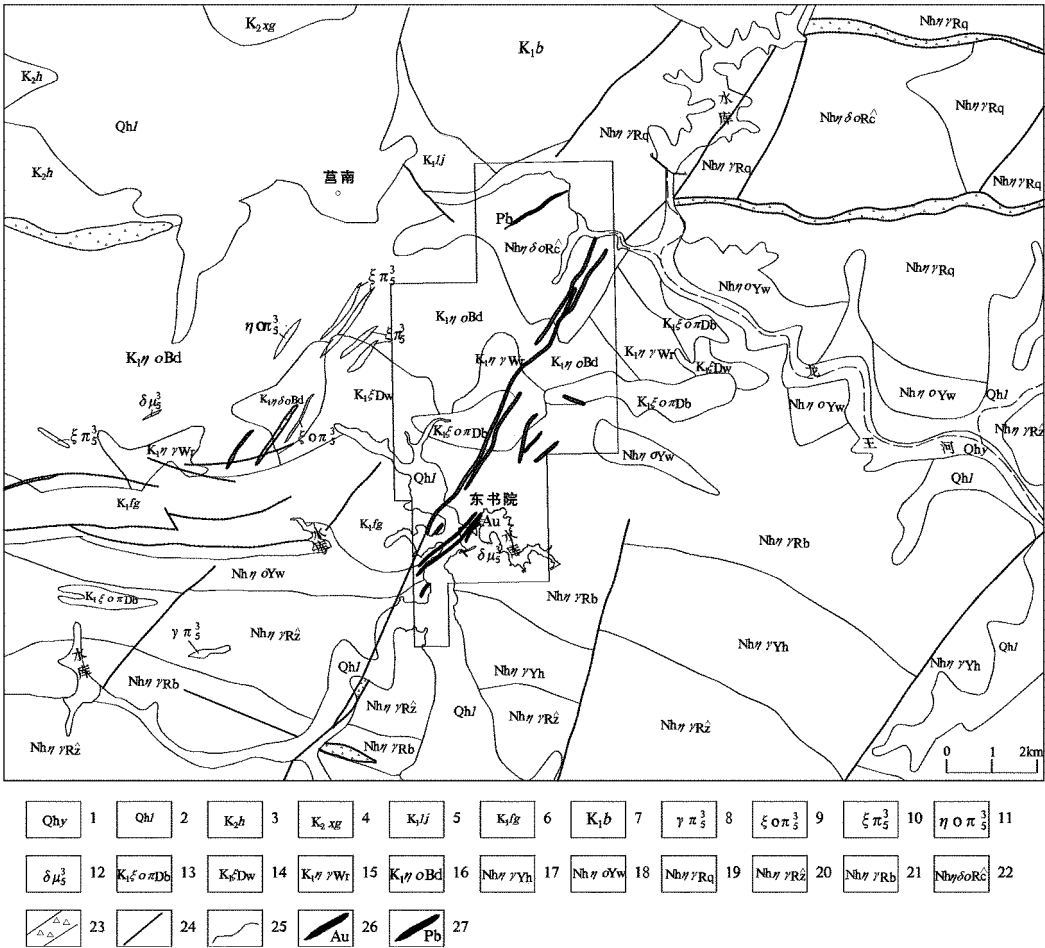
近 EW 向断裂构造主要为 F1~F10 断裂, 其中 F4~F10 断裂带控制了中生界地层的分布, F1 与 F2, F3 为一组近于平行的断裂带, 走向近 EW, 倾向 N, 倾角 $50^\circ \sim 87^\circ$ 。

1.4 岩浆岩

区域岩浆岩广为发育, 包括新元古代南华纪荣成序列、月季山序列、铁山序列, 以及中生代三叠纪柳林庄序列、白垩纪埠柳序列、伟德山序列、大店序列、崂山序列。南华纪岩性以黑云角闪石英片麻岩为主, 岩石灰红色, 糜棱结构、块状结构、斑状结构, 片麻状构造。中生代岩性以早白垩世的中粗粒二长花岗岩, 岩石浅灰白色, 似斑状结构、粗中粒花岗岩结构, 块状构造; 其次有白垩纪角闪正长岩、石英正长岩等。

与矿体关系密切的是东书院断层内赋存的闪长玢岩岩脉, 斑状、似斑状结构, 块状构造。蚀变强烈,

常与矿体相伴生,破碎角砾岩间常有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿等金属硫化物充填,有时其本身就是矿体的一部分^[1]。



1—第四纪沂河组;2—第四纪临沂组;3—王氏群红土崖组;4—王氏群辛格庄组;5—王氏群林家庄组;6—青山群方戈庄组;7—青山群八亩地组;8—花岗斑岩脉;9—石英正长斑岩脉;10—正长斑岩脉;11—石英二长斑岩脉;12—闪长玢岩脉;13—白虎石英正长斑岩;14—王家野疃斑状细粒角闪正长岩;15—任家沟斑状中粗粒二长花岗岩;16—大水泊斑状中细粒含黑云角闪石英二长岩;17—后石沟中粗粒含黑云二长花岗质片麻岩;18—窝洛斑纹状黑云角闪石英二长质片麻岩;19—邱家细粒二长花岗质片麻岩;20—甄家沟细粒含黑云二长花岗质片麻岩;21—宝山中细粒黑云二长花岗质片麻岩;22—岔河中细粒黑云角闪石英二长闪长质片麻岩;23—蚀变碎裂岩带;24—断层;25—地质界线;26—金矿脉;27—铅矿脉

图 1 东书院金矿区域地质略图

2 矿区地质

2.1 围岩蚀变

金矿围岩蚀变主要为黄铁矿化、绢英岩化、硅化、方铅矿化、闪锌矿化。金矿化与黄铁矿化、绢英岩化及钾化关系密切。研究区蚀变矿化严格受 NE 向构造控制。东黄埝、马家峪、后古城、东书院等金矿点均在 NE 向的相家沟-洙边断裂构造的次级断

裂带上,显示出该带有较好的找矿前景。

2.2 矿体特征

该次研究圈出了 3 个金矿体,金矿体编号分别为 Au I, Au II, Au III, 金矿体形态呈脉状、透镜状。其中 Au I 号矿体规模最大,现已闭坑, Au II, Au III 均为新发现矿化体。

Au I 号矿体为矿区主矿体,呈脉状,工程控制矿体走向长约 535 m,沿倾向延深 292.50 m。宽 1.00

~3.20 m,平均真厚度 1.25 m。总体走向 40°左右,矿体倾向 NW,地表倾角 76°左右,向深部变陡为 83°。矿体具膨胀狭缩现象,矿体连续性好。

Au II 号矿体位于 Au I 号矿体西侧 105 m 处,矿体呈细脉状,透镜状,工程控制矿体走向长约 263 m,延深 40 m。矿体总体走向 45°,矿体倾向 NW,倾角 80°~85°。平均真厚度 0.66 m,矿体连续性好。

Au III 号矿体位于 Au I 号矿体东侧 77 m 处,呈脉状。工程控制矿体走向长约 40 m,延深 40 m,地表出露长约 160 m,平均真厚度 0.94 m。总体走向 58°,倾向 SE,倾角 75°~83°,沿 NE 向延伸入书院水库。矿体具尖灭再现、膨胀狭缩现象。

2.3 矿石特征

矿石矿物主要为自然金、自然银、黄铁矿、褐铁矿、方铅矿、闪锌矿等。脉石矿物主要有石英、绢云母、斜长石、钾长石、绿泥石、方解石、黑云母等。

矿石结构:以碎裂结构、交代残余结构为主,其次为包裹结构。

碎裂结构:黄铁矿受应力作用产生裂纹,或破碎成棱角状碎块。

交代残余结构:氧化矿石中黄铁矿被褐铁矿交代不完全、黄铁矿呈残余状存于褐铁矿中。

矿石构造:矿石以浸染状、蜂窝状构造为主,次有斑点状、团块状等构造。

浸染状构造:黄铁矿等矿石矿物在矿石中呈浸染状分布。

蜂窝状构造:氧化矿石中黄铁矿等硫化物被氧化淋滤后的矿石构造。

3 个矿体中矿石类型差别不大,都为黄铁矿化、方铅矿化、闪锌矿化、绢英岩化碎裂岩。其顶底板围岩均为中细粒黑云二长花岗质片麻岩。但是 Au I 号矿体中矿石为矿石金品位 $\omega(\text{Au}) (2.64 \sim 4.28) \times 10^{-6}$,平均品位 $\omega(\text{Au}) 3.46 \times 10^{-6}$,伴生银品位 $\omega(\text{Ag}) (35.67 \sim 43.70) \times 10^{-6}$ 、铅品位 $\omega(\text{Pb}) 0.36\% \sim 0.96\%$ 。而 Au II 号矿体金品位 $\omega(\text{Au}) (1.41 \sim 4.35) \times 10^{-6}$,平均品位 $\omega(\text{Au}) 2.24 \times 10^{-6}$,金品位变化系数为 72.18%。伴生银品位 $\omega(\text{Ag}) (5.67 \sim 10.00) \times 10^{-6}$ 、铅品位 $\omega(\text{Pb}) 0.26\% \sim 0.48\%$ 。Au III 号矿体中金品位 $\omega(\text{Au}) (1.14 \sim 1.64) \times 10^{-6}$,平均品位 $\omega(\text{Au}) 1.39 \times 10^{-6}$,金品位变化系数为 25.44%。伴生银品位 $\omega(\text{Ag}) (6.97 \sim 6.24) \times 10^{-6}$,铅品位 $\omega(\text{Pb}) 0.19\% \sim 0.27\%$ 。

对比发现,Au I 矿体相比 Au II 矿体和 Au III 矿体较为富金、银、铅。Au II 矿体金品位极差最大,为 2.94。3 个矿体铅品位差距较小,而伴生银品位以 Au I 矿体最富,而 Au II 矿体和 Au III 矿体差别不大。

3 激电中梯异常特征

电法勘探是根据地壳中不同岩层之间、岩石与矿石之间存在的电磁性质差异,通过观察电场和磁场分布,来研究地质构造、寻找有用矿产资源等地质问题的一种地球物理勘探方法^[4]。当矿化体与围岩有较大电性差异时,采用激发极化法中梯装置寻找金属矿化体的依据是充分的^[5]。利用激电中梯方法在对内蒙古牛耳河测区物探综合异常推断解释研究中取得了良好的效果^[6]。

该次激电中梯测量工作分为王家庄子村及东书院村 2 个地段,王家庄子村地段位于研究区北部 F16 构造蚀变带处,测线方位 150°;东书院村地段位于西杨家圈—中书院—崖子一带,测线方位 110°。完成测量面积 15.27 km²,激电测深点 32 个。

3.1 激电异常圈定

矿区各类岩(矿)石之间存在明显的电阻率、极化率差异,经现场测试含金矿的绢英岩化碎裂岩具有低阻高极化的电性特征,含金石英脉具有高阻高极化的电性特征,而黑云二长花岗质片麻岩、石英二长岩等围岩一般表现低极化率的特征(表 1)。区内出露的各种岩石在正常情况下极化率均较低,除绢英岩化碎裂岩、含金石英脉极化率高于 2.5% 外,其余各岩性极化率均在 2.5% 以下。因此研究区具备地球物理找矿的条件。

表 1 岩(矿)石电性参数参数^①

岩矿石名称	极化率(%)			电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)		
	η^{\max}	η^{\min}	$\bar{\eta}$	ρ^{\max}	ρ^{\min}	$\bar{\rho}$
黑云二长花岗质片麻岩	2.18	1.24	1.78	7528	2648	2303
石英二长岩	2.82	1.24	1.87	6786	1017	1611
石英正长斑岩	3.13	1.84	2.25	3830	580	1829
二长花岗岩	2.76	1.12	1.61	4701	1038	2112
绢英化碎裂岩	4.82	2.43	3.20	2820	727	1050
含金石英脉	4.43	2.12	3.16	5260	2414	3690

(1)异常下限的确定。结合该测区的区域场特

① 山东泰山地质勘查公司,梅西华等,山东省莒南县东书院地区金矿普查报告,2014 年。

征,异常下限的确定公式如下:

$$\eta_{\text{下限}} = \eta_{\text{背景}} \times (1 + (2 \sim 3) \times \varepsilon)$$

式中: ε 为实测均方误差。

(2) 激电异常的圈定。异常的圈定原则:异常具有一定的规模且连续性较好, η_a 等值线在相邻 2~3 条测线上均有异常,且每条测线上有连续 2~3 个点的 η_a 值大于异常下限,同时结合 ρ_a 等值线梯度变化规律进行分析。

异常研究工作中,激电测深异常明显,特征点较清晰。根据该区地质构造条件,结合已知矿床地质条件和以往工作经验,成矿的有利地段所呈现的地球物理特征一般为低阻高极化率。

3.2 激电异常的推断与解释

根据激电异常的圈定原则,结合该地区极化率背景,王家庄子村地段确定其异常下限为 2.6%;东书院村地段确定其异常下限为 2.4%。将连续 2 条测线以上,每条测线连续 2 个点以上,视极化率值大于异常下限区域圈定为激电异常,共圈定激电异常 8 处,编号分别为 DJH1, DJH2, DJH3, DJH4, DJH5, DJH6, DJH7, DJH8;其中 DJH1, DJH2 激电异常位于王家庄子村地段,其余激电异常分布于东书院村地段。

(1) DJH3 异常。DJH3 位于西杨家圈村北东,以 2.4% 的视极化率等值线圈定,呈条带状,走向 30°,长约 596 m,宽约 318 m,视极化率最大值为 3.04% (图 2),属于低缓异常,视电阻率表现为相对高阻特征, ρ_a 一般在 2 000~3 900 $\Omega \cdot m$ 左右 (图 3)。经地表检查异常处在黑云二长花岗质片麻岩与黑云角闪石英二长闪长质片麻岩接触部位。

(2) DJH4 异常。DJH4 位于中书院村北东向 1 680 m 处,以 2.4% 的视极化率等值线圈定,总体呈长条状,走向约 23°,长约 680 m,宽 96 m,视极化率峰值 2.9% (图 2),属于低缓异常,视电阻率表现为相对高阻特征, ρ_a 一般在 1 100~2 000 $\Omega \cdot m$ 左右 (图 3)。经地表检查异常处在黑云二长花岗质片麻岩与黑云角闪石英二长质片麻岩接触部位,异常处于 F24, F25 构造破碎带附近,异常由构造蚀变带、岩体或硫化物局部相对富集引起的。

(3) DJH5 异常。DJH-5 异常位于中书院村北东向 840 m 处,以 2.4% 的视极化率等值线圈定,呈长条状,走向 20°左右,长约 390 m,宽 130 m。视极化率峰值 2.77% (图 2),属于低缓异常,视电阻率表

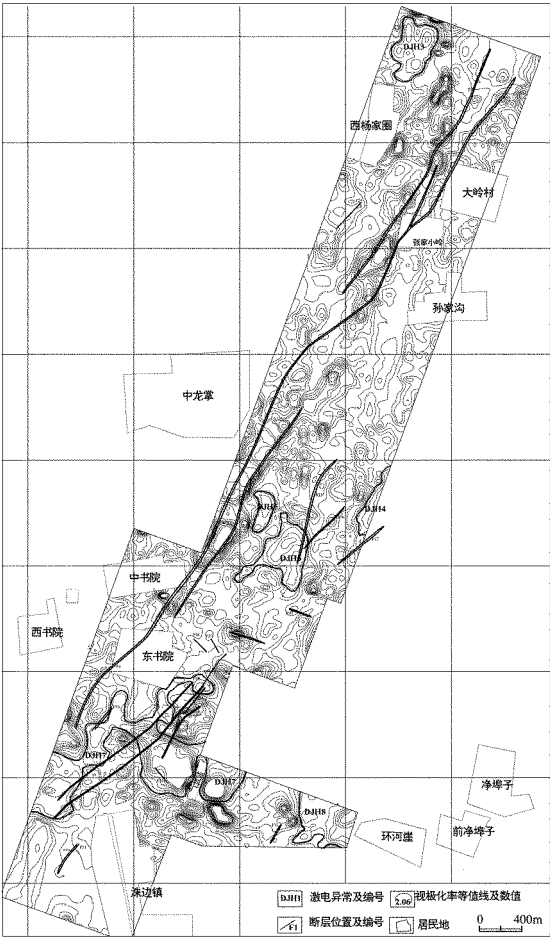


图 2 东书院村地段激电中梯 η_a 平面等值线图

现为相对高阻特征, ρ_a 一般在 1 500~2 000 $\Omega \cdot m$ 左右 (图 3)。经地表检查异常处在黑云二长花岗质片麻岩与中生代岩体二长花岗岩、石英正长岩接触部位,并伴随正长岩及花岗斑岩脉侵入,异常处于 F22 构造破碎带东边部,异常由构造蚀变带、岩体或硫化物局部相对富集引起的。

(4) DJH6 异常。DJH6 位于中书院村东 450 m 处,以 2.4% 的视极化率等值线圈定,呈带状分布,走向 55°。异常长约 790 m,宽 85~370 m。视极化率峰值 3.04% (图 2),视电阻率表现为相对高阻特征, ρ_a 一般在 1 100~2 000 $\Omega \cdot m$ 左右 (图 3)。经地表检查异常处在黑云二长花岗质片麻岩与中生代岩体二长花岗岩、石英正长岩接触部位,并有花岗斑岩脉侵入,异常处于 F23, F24 构造破碎带南端、F22 断裂的东侧。异常由构造蚀变带、岩体或硫化物局部相对富集引起的。

(5) DJH7 异常。DJH7 位于东书院村南,以 2.4% 的视极化率等值线圈定,呈不规则状,长约

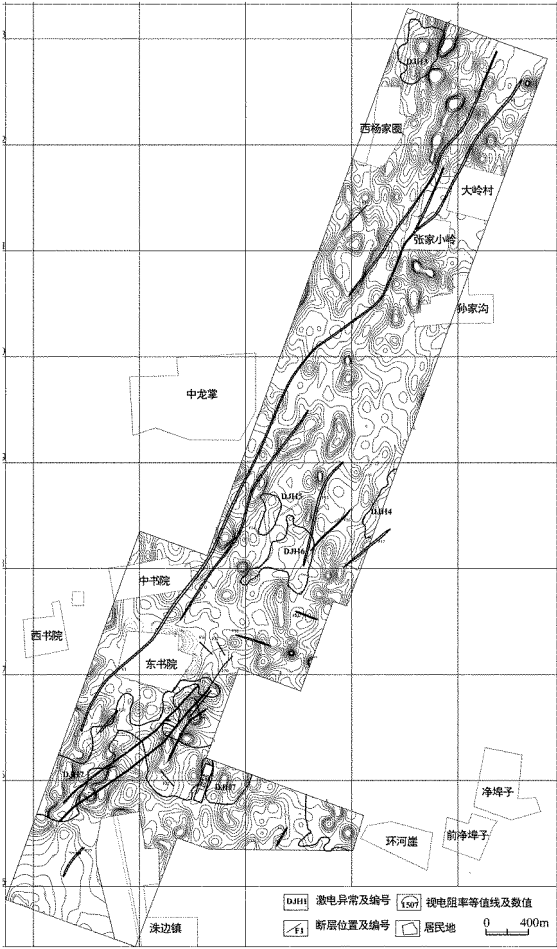


图 3 东书院村地段激电中梯 ρ_a 平面等值线图

2 000m, 视极化率峰值 3.37% (图 2), 视电阻率表现为相对高阻特征, ρ_a 一般在 $15\ 00\sim3\ 900\ \Omega\cdot m$ 左右 (图 3)。异常与 F27, F28, F29, F30, F31 等断裂对应。地表出露的岩性主要中细粒黑云二长花岗质片麻岩及中生代闪长玢岩。F28, F29, F30, F31 断裂上施工了 11 条探槽, 在 F28 施工的 TC004, TC013, F29 施工的 TC005, F31 施工的 TC007, TC009 等 5 个探槽均达到了边界品位以上, 金品位在 $\omega(Au)$ $(1.14\sim4.35)\times10^{-6}$; 3 条探槽达到了矿化品位, 金含在 $\omega(Au)$ $(0.26\sim0.90)\times10^{-6}$ 。此 4 条断裂均为金矿(化)体赋存断裂。该激电异常为金矿(化)体及其他硫化物综合引起, 是东书院金矿(化)体赋存异常。

东书院 3 个金矿体及 1 个金矿化体位于 DJH7 异常带内及边部, 且这 3 个金矿体及 1 个金矿化体基本平行密集产出, 为了解金矿(化)体深部状况, 布置了激电测深剖面 (图 4), 测深点 10 个, 点距 30 m。从电测深断面图 3 可以看出, 测深 180 号点

AB/2=10 以上及 AB/2=150-AB/2=280 区段, 极化率表现高值异常, $\eta_a>1.6\%$, 极化体为薄板状, 近直立, 为高极化低电阻率特征, 应为含硫化物的碎裂岩引起, 东盘电阻率较高, 应为中生代脉岩的特征。

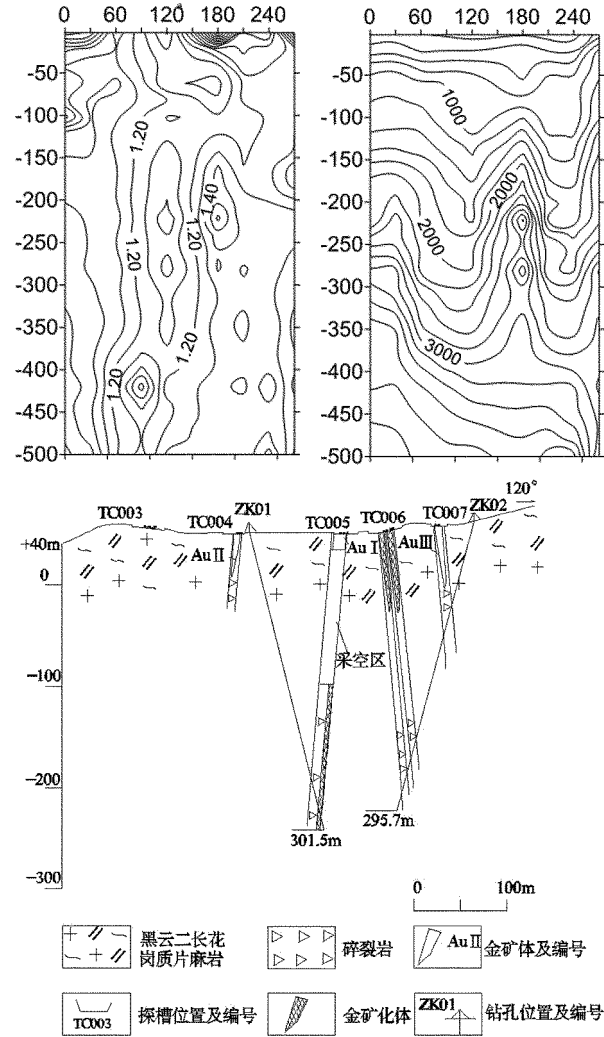


图 4 东书院金矿区第 I 0 勘探线综合剖面示意图

在激化体的中部出现 NW 向的高极化体, 经地表检查异常处发育多条 NW、NE 向脉岩, 为了研究该高极化体的深部特征, 在异常的极值部位 NNW 向布置激电测深剖面 (图 5), 测深点 13 个, 点距 50 m。从电测深断面图 4 可以看出, 从 AB/2=120 开始出现 $\eta_a>1.7\%$ 视极化率异常, 至 AB/2=500, 异常极大值 $\eta_a=2.2\%$ 。异常中心为测深 250 点。由视电阻率拟断面图可知, 该剖面北部为较高的视电阻率, 视电阻率大于 $20\ 050\ \Omega\cdot m$ 之间, 该剖面南部视电阻率相对较低。该异常是由低阻高极化的地质体引起, 极化体近直立, 稍向 NW 倾斜, 倾角 80° 左右。

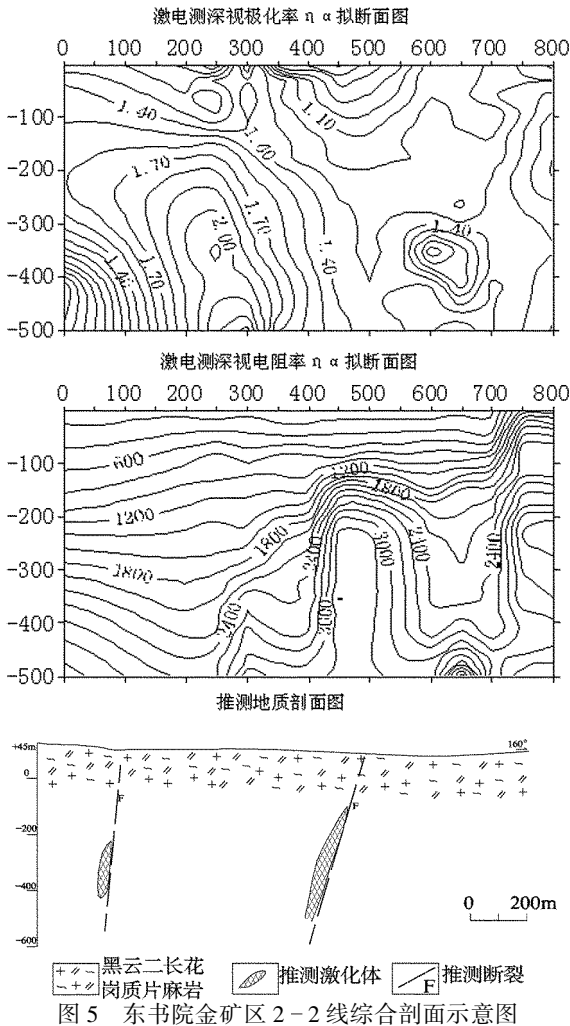


图 5 东书院金矿区 2-2 线综合剖面示意图

(6) DJH8 异常。DJH9 位于环河崖村西,以 2.4% 的视极化率等值线圈定,呈 NE 向不规则状展布,长约 650 m,宽约 440 m,视极化率峰值 3.2% (图 2)。视电阻率表现为相对高阻特征,ρ_a 一般在 2 300 ~ 3 900 Ω·m 左右 (图 3)。经检查出露岩性为中粗粒含黑云二长花岗质片麻岩,并发育多条辉绿玢岩脉。

(7) DJH1 异常。DJH1 异常位于王家庄子村地段,以 2.7% 的视极化率等值线圈定,呈带状分布,走向 NEE,异常长约 500 m,宽约 140 m,呈椭圆状,视极化率峰值 3.1% (图 6),该异常视电阻率表现具有高阻特征 (图 7)。处于 F16 构造碎裂岩带东段,断裂呈 NEE 向,沿断裂多见民采重晶石采坑。经对激电异常进行探槽验证,揭露圈定了 Pb I 矿体,矿石为含铅锌的重晶石化硅化碎裂岩,该异常主要由 NE 向 F16 构造破碎带中的 Pb I 矿体引起。

(8) DJH2 异常。DJH2 异常位于王家庄子村地

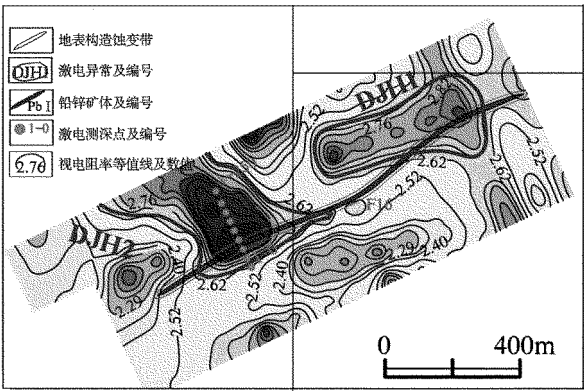


图 6 王家庄子村地段激电中梯 η_a 平面等值线图

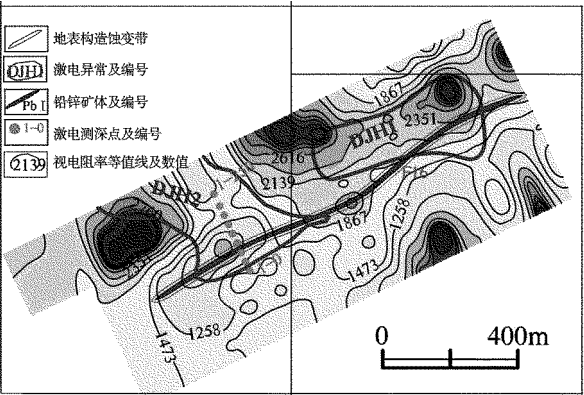


图 7 王家庄子村地段激电中梯 ρ_a 平面等值线图

段,以 2.65% 的视极化率等值线圈定,呈不规则状,走向 NEE,长约 430 m,宽约 360 m,异常西北未封闭。视极化率峰值 3.1% (图 6),该异常处视电阻率表现为低阻特征 (图 7)。异常处于 F8 构造蚀变带西南部,与地表构造蚀变带走向一致,与地表出露矿脉位置大致重合,近直立。经对激电异常进行探槽验证,见到重晶石化的铅锌矿体,该异常与 DJH1 同位于 F16 构造蚀变带上,由 F16 构造破碎带中的 Pb I 矿体引起。

为研究 DJH2 号异常带,在其高极化率中心沿北西方向布置了激电测深剖面 (图 8),测深点 9 个,点距 30 m。根据视极化率拟断面图可知,从 AB/2 = 28 开始出现 η_a > 1.8% 的视极化率异常,异常中心为测深 120 点,与 DJH1 异常的平面特征较吻合,在 AB/2 = 65 - 100 处有 η_a = 2.6% 的极值出现,再向下至 AB/2 = 200 视极化率异常变小封闭;由视电阻率拟断面图可知,该剖面北部为较高的视电阻率,视电阻率大于 1 200 Ω·m,该剖面南部视电阻率相对较低,与 DJH1 异常的所处的视电阻率平面特征较吻

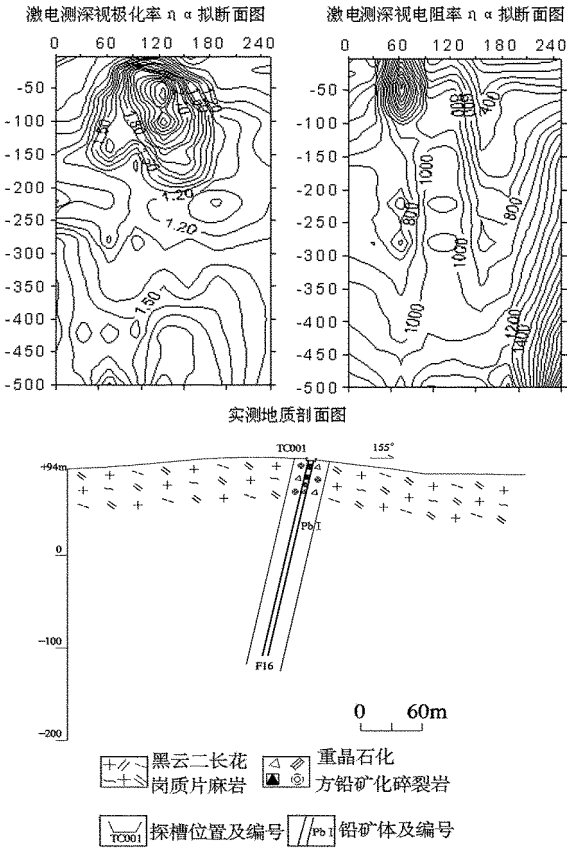


图 8 东书院金矿区第Ⅱ0 勘探线综合剖面示意图

合。该异常带是由重晶石化碎裂岩中的硫化物局部相对富集引起的,DJH1 激电异常带距南部地表出露矿脉平面距离约为 50~70 m,经探槽揭露 Pb1 铅矿体倾向 NW,倾角 70°左右。

综上所述:通过该次激电中梯测量工作,大致查明了东书院地区电阻率及极化率电性特征,圈定了

8 处激电异常,极化体多与地表断裂对应,均具有一定的找矿价值。

4 结论

通过野外勘探以及 1:1 万激电中梯测量,圈定了 Au I ,A II ,Au III 共计 3 个金矿体,并得到了如下认识:

金矿石类型均为黄铁绢英岩化碎裂岩,其中 Au I 号矿体为矿区主体矿体,金品位及伴生银品位相比与 Au II 、Au III 号矿体的品位更高。为金矿资源开采圈定了比较理想的靶区。

通过该次激电中梯测量工作,圈定了 8 处激电异常,并将极化体与地表实际断裂相对应,并为进一步查明几乎体深部状况,在所圈定激电异常区开展了 3 条激电测深剖面,其中的 DJH1,DJH2,DJH7 等激电异常可作为找矿重点靶区。

参考文献:

[1] 赵先平,衣德学.东书院金矿地质特征及矿床成因初探[J].山东轻工业学院学报,1994,8(4):68-72.
[2] 邱德同.山东莒南金矿化带的地质和地球化学特征[J].地质与勘探,1989,(11):12-17.
[3] 张增奇,刘书才.山东省地层侵入岩构造单元划分对比意见[J].山东国土资源,2014,30(3):1-23.
[4] 李金诚.激电中梯方法在海南乙通铜铅矿勘查中的应用研究[D].北京:中国地质大学,2013.
[5] 崔东郢,王健伟.激电中梯测量工作在多金属找矿中的应用[J].贵州地质,2009,26(3):218-220.
[6] 罗安华.内蒙古牛耳河测区物探综合异常推断解释研究[D].昆明:昆明理工大学,2011.

Application of Induced Polarization Gradien Array Measurement in Gold Prospecting Junan Gold Deposit

MEI Xihua, WANG Shidang, SUN Lipeng, YANG Chong

(Shandong Taishan Geological Surveying Company, Shandong Tai'an 271000, China)

Abstract: Dongshuyuan gold deposit in Junan county of Shandong province is a small-sized deposit with industrial value in Jiaonan uplift. The gold ore type was beresitization cataclastic rock, and commercial type of mineral deposit was medium-low temperature hydrothermal magmatic deposit. By using induced polarization gradien array measurement, combining with drilling data, three gold ore bodies have been circled. Among them, the Au I ore body is the main body in the mining area. Its gold grade is $(2.64\sim4.28)\times10^{-6}$, and average grade is 3.46×10^{-6} .

Key words: Induced polarization gradien array measurement; orebody characteristics; Dongshuyuan gold deposit