

# 物探方法在寻找都兰县瑙木浑沟口 隐伏金矿床中的应用

裴长世<sup>1</sup>, 张伟<sup>2</sup>, 谢丽丽<sup>2</sup>, 杨忠臣<sup>3</sup>, 毛鸿鹏<sup>1</sup>, 杨启<sup>2</sup>, 邢其涛<sup>2</sup>

(1. 青海省金星矿业有限公司, 青海 西宁 810008; 2. 山东省鲁南地质工程勘察院, 山东 兖州 272100; 3. 青海山金矿业有限公司, 青海 西宁 810008)

**摘要:**青海省都兰县瑙木浑沟口金矿区位于昆中构造带北侧, 区内断裂构造十分发育, 金矿成矿条件优越。运用激电中梯测量, 基本查明了区内与金成矿有关的断裂构造的分布情况, 圈定激电异常 2 处, 并施工探槽工程、硐探工程进行异常查证, 证实物探异常为构造破碎带内硫化物富集体引起的, 金矿化体与异常峰值对应基本吻合, 最终发现了一处隐伏金矿床, 说明物探异常在寻找隐伏金矿体的找矿工作中获得了很好的找矿效果。结合构造因素、物探异常及已有成矿事实综合分析, 认为该区有较好的找矿前景。

**关键词:** 沟口金矿; 隐伏金矿体; 找矿前景; 物探异常; 青海省都兰县

**中图分类号:** P618; P510.8

**文献标识码:** B

**doi:** 10.12128/j.issn.1672-6979.2019.06.008

**引文格式:** 裴长世, 张伟, 谢丽丽, 等. 物探方法在寻找都兰县瑙木浑沟口隐伏金矿床中的应用[J]. 山东国土资源, 2019, 35(6): 50-55. PEI Changshi, ZHANG Wei, XIE Lili, etc. Application of Geophysical Prospecting Method for Finding Goukou Hidden Gold Deposits in Naomuhun of Dulan City in Qinghai Province[J]. Shandong Land and Resources, 2019, 35(6): 50-55.

东昆仑地区是我国中央造山带西侧重要的组成部分, 无论是基础地质还是矿产研究, 历来都是地质工作者关注的地区之一<sup>[1]</sup>。东昆仑成矿带上先后发现了五龙沟金矿、杨树沟金矿、巴隆金矿、沟里金矿<sup>[2]</sup>, 累计探明多处中大型金矿床, 是青海省重要的金成矿带。瑙木浑沟口金矿床地处东昆仑成矿带上。该文在已有研究成果的基础上, 结合笔者研究小组的大量野外调查和室内研究工作, 尝试综合论述激电中梯剖面测量在寻找都兰县瑙木浑沟口隐伏金矿床中的应用, 为后续找矿勘探工作提供了依据<sup>①</sup>。

## 1 矿区地质特征

瑙木浑沟口金矿区内出露地层比较简单, 主要为中元古代小庙组和第四系。但区内岩浆活动较为强烈, 侵入岩极为发育, 主要出露有华力西期中酸性

侵入岩<sup>[2]</sup>。区内断裂构造发育, 以 NW 向、近 EW 向断裂为主, 断裂构造带内往往形成矿化蚀变带, 为区内寻找构造蚀变岩型金矿的有利地段<sup>[3-5]</sup>。

### 1.1 地层

矿区内地层出露较为简单, 主要发育有中元古代和第四纪地层(图 1)。矿区东南角见小庙组上段出露, 分布面积较小, 出露的岩性主要为灰色黑云石英片岩、含石墨石英岩夹黑云斜长片麻岩、深灰色二长浅粒岩、透闪石大理岩; 晚更新世洪冲积层广泛分布于矿区中部, 多为河沟及山间沟谷阶地, 为砂砾石层和亚砂土层; 全新世冲积层分布于瑙木浑沟及哈图沟口, 形成规模不等的冲积锥。

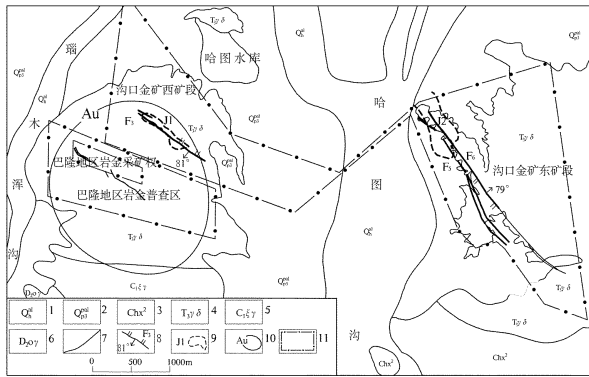
### 1.2 构造

矿区位于昆中构造带北侧, 区内断裂构造十分发育, 主要为 NW 向断裂<sup>[6-14]</sup>, 与区域构造方向基本一致。NW 向断裂为矿区内主要断裂, 与区域构造

收稿日期: 2018-08-23; 修订日期: 2018-11-16; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 裴长世(1980—), 男, 甘肃天水人, 工程师, 主要从事矿产勘查、地球物理研究; E-mail: zhangweipingyi@163.com

①山东省鲁南地质工程勘察院, 青海省都兰县瑙木浑沟口金矿普查总结报告, 2018年2月。



1—全新世冲积层;2—晚更新世洪冲积物;3—小庙组上段:黑云石英片岩、含石墨石英岩夹黑云二长片麻岩、透闪石大理岩、二长浅粒岩;4—晚三叠世花岗闪长岩;5—早石炭世正长花岗岩;6—中泥盆世英云闪长岩;7—地质界线;8—实测逆断层及编号;9—激电异常位置及编号;10—Au化探异常;11—沟口金矿探矿权及周边矿权边界线

图1 青海省都兰县瑯水浑沟口金矿区地质简略图

的展布方向一致,较大的断裂3条: $F_3$ 、 $F_5$ 断裂及 $F_6$ 断裂(图1)。

$F_3$ 断裂:发育于矿区西部,为逆断层,其走向 $309^\circ\sim 321^\circ$ ,倾向 $SW219^\circ\sim 231^\circ$ ,倾角 $69^\circ\sim 82^\circ$ ,断续出露延伸约1.3km。断裂带宽1~5m,带内岩石为构造角砾岩、碎裂岩、碎裂状花岗闪长岩。岩石普遍发生了碎裂岩化、硅化、毒砂矿化、黄铁矿化、方铅矿化、黄铜矿化、孔雀石化、褐铁矿化较强烈,并伴有绿泥石化、绿帘石化、绢云母化等蚀变。断裂带上下盘岩性均为晚三叠世花岗闪长岩。 $F_3$ 断裂与成矿关系密切,区内I-1、I-2、I-3号矿体位于该断裂带北西端,是区内的主要控矿构造之一。

$F_5$ 断裂:发育于矿区东部,为逆断层,其走向 $305^\circ\sim 327^\circ$ ,倾向NE,倾角 $62^\circ\sim 81^\circ$ ,断续出露延伸约1.97km,NW端第四纪地层覆盖。断裂破碎带宽3.7~58.0m,带内岩石为碎裂岩、碎裂状花岗闪长岩、绢英岩化碎裂岩。沿断裂和断裂接触部位矿化蚀变强烈,主要有绢英岩化、褐铁矿化、高岭土化、黄钾铁矾化、黄铁矿化、硅化等,并伴有绿泥石化、绿帘石化、绢云母化等蚀变。断裂带上下盘岩性多为晚三叠世花岗闪长岩。 $F_5$ 断裂与成矿关系密切,区内II-1、II-2、II-3、II-4、II-5、II-6号矿体位于该断裂带内,是区内的主要控矿构造之一。

$F_6$ 断裂:发育于矿区东部,为逆断层,其走向 $313^\circ\sim 322^\circ$ ,倾向NE,倾角 $59^\circ\sim 80^\circ$ ,断续延伸约2.91km,北西端第四纪地层覆盖。断裂破碎带宽2

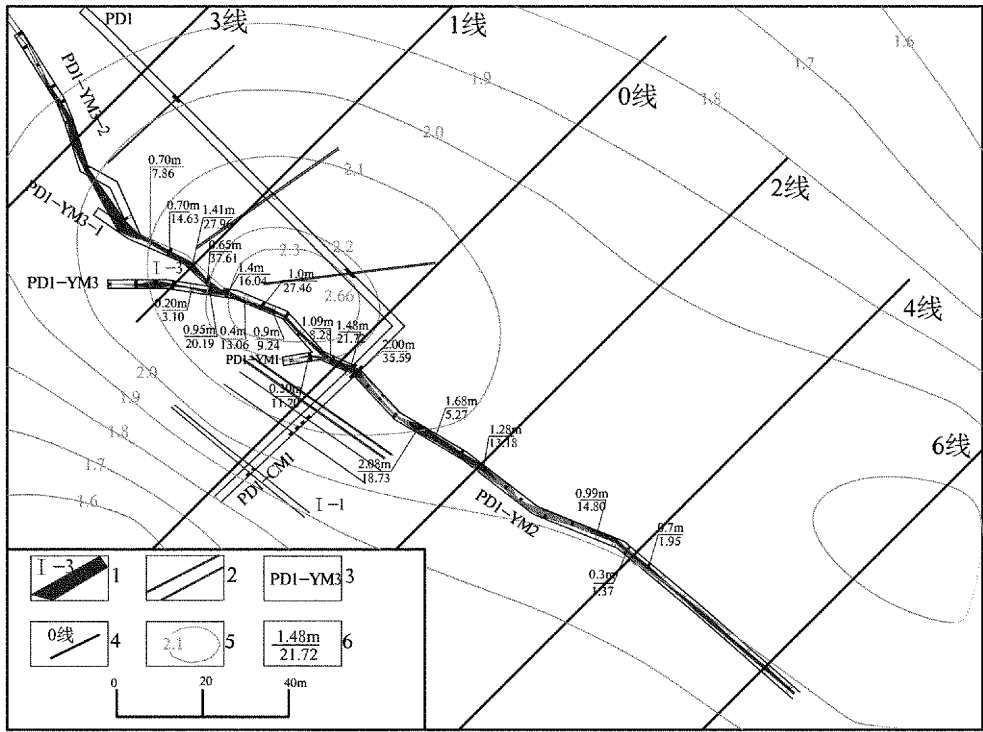
~25m,带内岩石为碎裂岩、碎裂状花岗闪长岩、绢英岩化碎裂岩。沿断裂和断裂接触部位矿化蚀变强烈,主要有褐铁矿化、高岭土化、黄钾铁矾化、黄铁矿化、硅化等,并伴有绿泥石化、绿帘石化、绢云母化等蚀变。断裂带上下盘岩性均为晚三叠世花岗闪长岩。 $F_6$ 断裂与成矿关系密切,区内III-1、III-2号矿体位于该断裂带内,是区内的主要控矿构造之一。

### 1.3 岩浆岩

矿区内岩浆活动强烈,尤以华力西期侵入岩规模最大,发育最广泛,为区内岩浆活动的最高潮,印支期接近区内岩浆活动的尾声。区内多期次的岩浆活动,形成了岩石类型各异、时空不同、规模不等的各类侵入岩,其岩石类型复杂,在空间上具成带性,时间上具多旋回性,构造成因上具多成因性。区内侵入岩可分为3个期次,主要出露有早石炭世正长花岗岩、早二叠世石英闪长岩、晚三叠世花岗闪长岩以及中酸性脉岩。

### 1.4 矿体特征

矿区内共圈出14条金矿体,均分布于NW向破碎带内,产状与破碎带延伸方向一致,金矿体近平行展布,密集分布在破碎带内,呈NW向展布。其中,隐伏矿体I-3矿体为区内主矿体(图2)。I-3号金矿体分布于西矿段第3勘探线至第6勘探线之间,由硐探工程穿脉PD1-CM1、沿脉PD1-YM1、PD1-YM2、PD1-YM3、PD1-YM3-1共5个工程控制,矿体呈透镜状、脉状,总体走向 $119^\circ\sim 128^\circ$ ,倾向SW,倾角 $81^\circ\sim 83^\circ$ 。矿体延走向具膨胀夹缩、尖灭再现的特征。矿体工程控制长度200m,矿体为隐伏金矿体。矿体最大厚度2.01m,最小厚度0.3m,平均厚度1.15m,厚度变化系数44%,属厚度较稳定型。金矿体单样品最高品位 $70.46\times 10^{-6}$ ,单工程平均品位最高 $35.59\times 10^{-6}$ ,金矿体平均品位 $8.17\times 10^{-6}$ ,品位变化系数121%,属有用组分分布较均匀型。矿石类型为黄铁矿化碎裂岩型含金矿石,黄铁矿含量较高,黄铁矿多呈灰白色,半自形—自形粒状,粒径一般0.033~5.32mm,含量一般3%~12%,局部富集部位高达20%,黄铁矿多以星点浸染状分布,少量集合体呈细脉状,金多赋存于黄铁矿集合体边缘或间隙中,表明黄铁矿为载金矿物。



1—金矿体位置及编号;2—构造蚀变带位置;3—巷道工程位置及编号;4—勘探线位置及编号;5—激电异常;6—Au 平均品位(平均厚度 m/平均品位 $\times 10^{-6}$ )

图 2 璆木浑沟口金矿区 3291m 中段 I-3 号金矿体分布图

## 2 地球物理特征

### 2.1 电性特征

激电中梯工作中系统地采集了矿区内 5 种岩性的岩(矿)石标本。由表 1 知:矿区东西矿段的侵入岩花岗闪长岩的极化率参数相近,极化率值均中等,极化率平均值为 1.52%。矿区西矿段采集的碎裂状花岗闪长岩,其极化率值稍微增高,平均值约 1.71%,与花岗闪长岩的平均值相差约 0.19%,形成一定的岩石电性差异。东西矿段采集的蚀变花岗闪长岩、碎裂岩,其极化率值较高,所采标本中最大值 8.44%,其平均值与花岗闪长岩相差分别约 2.12%、1.51%,形成较大的岩石电性差异。大理岩的极化率为全区最低。因此侵入岩能引起中等极化率激电异常,当岩体经破碎岩化、蚀变及其他矿化后,岩体内硫化物富集,则能引起较强的极化率异常。花岗闪长岩、大理岩的电阻率参数均较高,电阻率平均值分别为  $337\Omega \cdot m$ 、 $840\Omega \cdot m$ ,引起区内高电阻率异常。碎裂状花岗闪长岩、蚀变花岗闪长岩、碎裂岩的电阻率参数均较低,电阻率平均值分别为

$79\Omega \cdot m$ 、 $146\Omega \cdot m$ 、 $216\Omega \cdot m$ ,引起区内低电阻率异常。

表 1 矿区岩(矿)石电性参数统计

岩石名称	块数	电阻率( $\Omega \cdot m$ )			极化率(%)		
		最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
碎裂状花岗闪长岩	30	116	44	79	2.43	1.02	1.71
花岗闪长岩	30	690	216	337	2.03	1.09	1.52
蚀变花岗闪长岩	30	444	39	146	8.44	1.12	3.64
碎裂岩	30	311	88	220	4.07	1.71	3.03
大理岩	30	1133	646	840	1.01	0.35	0.68

矿区内蚀变花岗闪长岩、碎裂岩具有低阻高极化的特征,所以在该区开展激电工作圈定激电异常,寻找破碎带硫化矿物富集体,进而达到间接找矿的目的是行之有效的。

### 2.2 工作方法和工作布置

激电中梯工作中采用  $AB=1200m$ ,  $MN=2 \times$  点距  $=20m$ ,其反映深度更大,极化率异常更高。观测最大区间为 AB 中间 2/3 段,同时为获取理想的电信号,所有剖面均采用主线观测。矿区激电测量使用仪器为重庆地质仪器厂生产的 DJS-8 型数字激电接收机和配套的 DJF-10 型激电发送机。供

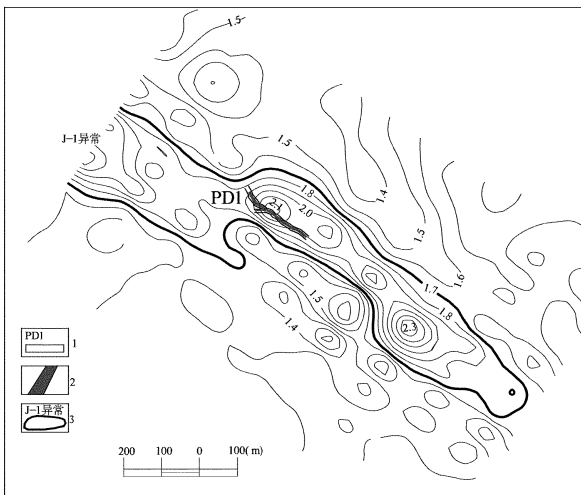
电电源选用10kW发电机和整流电源。野外工作中供电采用双向短脉冲,即占空比为1:1的正反向供电方式,仪器参数设置:供电周期16s,即正供4s,停供4s,反供4s,停供4s。断电延时200ms,取样宽度40ms,每次测量均观测3个周期取平均值。

激电中梯剖面主要布置在东矿区 $F_3$ 断层破碎带及西矿区 $F_5$ 、 $F_6$ 断层破碎带上。剖面以 $45^\circ$ 方位角布置,剖面间距80m,剖面点距10m。

### 2.3 激电异常特征

激电中梯剖面布置于西矿段 $F_3$ 及东矿段 $F_5$ 、 $F_6$ 断裂破碎蚀变带的发育部位。为了直观地研究激电异常,绘制等值线平面图,共圈定了2处激电异常(图1)。其中西矿段圈定J-1异常;东矿段圈定J-2异常。

J-1激电异常以视极化率1.7%等值线圈定激电异常,峰值为2.66%(图2、图3)。该异常长约1500m左右,宽约100~240m,总体走向呈NW向条带状,异常NW侧未封闭(图3,图4)。该异常对应视电阻率为相对低阻异常,推断硫化物富集程度较高。同时该处为 $F_3$ 构造破碎带通过处,构造运动较强烈,推测为成矿富集有利部位。

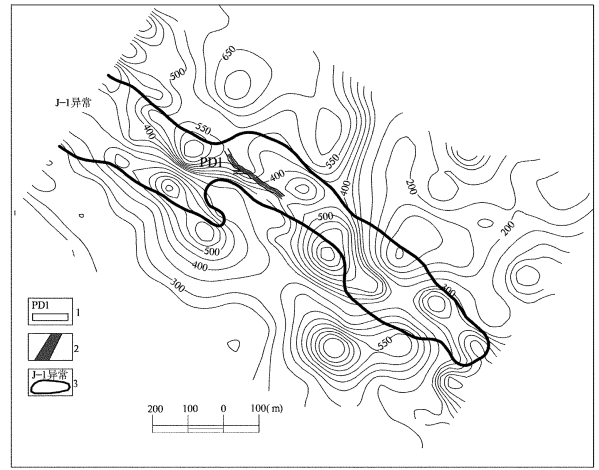


1—已施工硐探工程;2—实测矿体;3—激电异常范围

图3 瑞木浑沟口金矿区J-1异常视极化率等值线平面图

### 3 异常验证效果

从地质、物探综合对比分析图(图5)显示,视极化率曲线在180~250点,视极化率值较高,在2.3%~2.7%之间;对应视电阻率较低,在210~350 $\Omega \cdot m$ 之间,具有明显的低阻高极化特征。从地



1—已施工硐探工程;2—实测矿体;3—激电异常范围

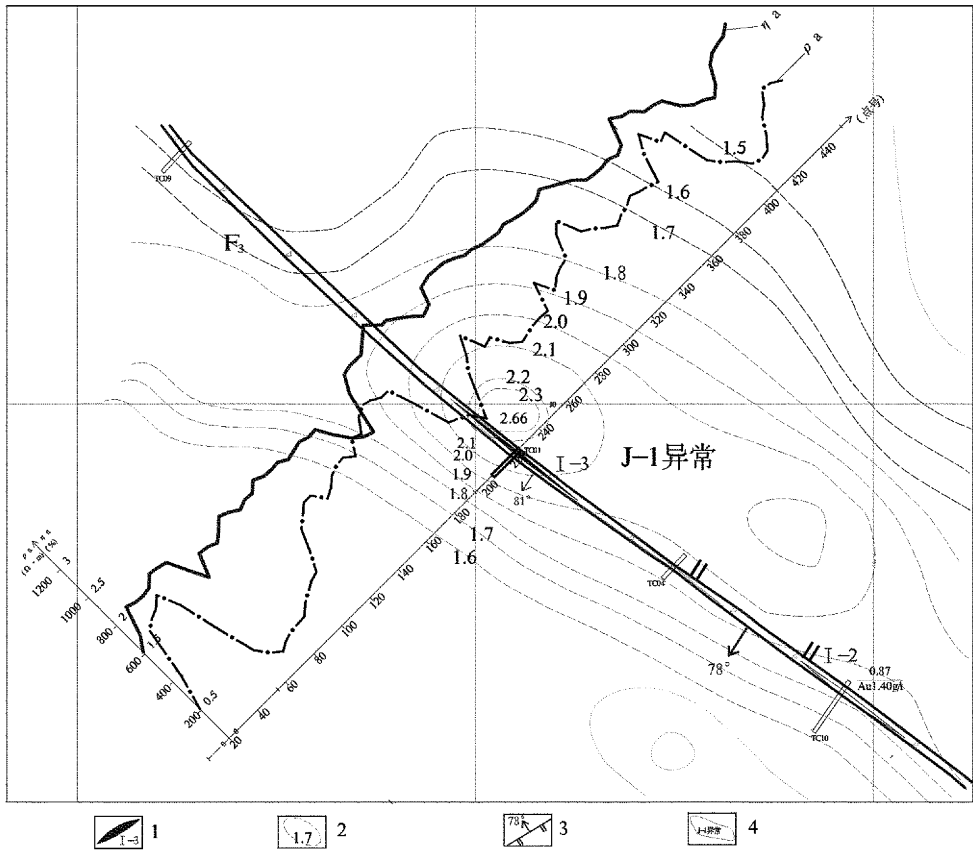
图4 瑞木浑沟口金矿区J-1异常视电阻率等值线平面图  
质平面图可知该异常处存在一处 $F_3$ 构造破碎带,通过槽探工程验证,破碎带内见有金矿化显示,金品位 $0.55 \times 10^{-6}$ ,岩性为黄铁矿化碎裂岩。黄铁矿化蚀变强烈,证实岩石含硫元素,金矿化与金属硫化物富集密切相关。证实极化率峰值为构造破碎带内硫化物富集体引起的,金矿化体与异常峰值对应基本吻合。

根据物探工作圈定的J-1异常,结合地表地质资料,进一步于激电异常区施工了硐探工程PD1,控制段高40m,利用硐探工程为主要手段验证异常,经矿产勘查及硐探工程验证,该异常为深部I-3号隐伏金矿体引起的。矿石类型为黄铁矿化碎裂岩型含金矿石,黄铁矿含量较高。I-3号金矿体工程控制长度200m,平均厚度1.15m,金矿体平均品位 $8.17 \times 10^{-6}$ ,矿体沿走向及倾向均未封闭,具有较好的找矿前景。物探异常在寻找隐伏金矿体的找矿工作中获得了较好的找矿效果。

### 4 找矿前景浅析

(1)构造控矿明显:区内主要形成构造破碎蚀变岩型金矿(化)体,在空间上受构造控制极为明显。区内含矿蚀变带与NW向深大断裂成矿关系密切,NW向断裂为区内的主要导、控矿构造,其次级构造或构造膨胀部位及构造拐弯处,均为找矿的有利地段,推测为容矿场所。

(2)物探异常明显:金与金属硫化物相伴生,从而引起激电异常,特别是低阻高极带,多指示沿构造分布的多金属硫化物富集体存在,因此,激电异常可



1—隐伏金矿体及编号;2—视极化率等值线;3—实测逆断层;4—激电异常编号及范围

图 5 瑞木浑沟口金矿区 JP45 线视极化率、视电阻率曲线图

作为间接找矿标志<sup>[15-17]</sup>。矿区内发现有 J-1 激电异常,异常呈条带状,长约 1500m,经 40m 段高的硐探工程验证,发现一条控制长度 200 m 的隐伏金矿体,矿体平均厚度 1.15 m,金矿体平均品位  $8.17 \times 10^{-6}$ ,且沿走向及倾向均未封闭,进一步沿激电异常追索有望扩大矿体规模,具有较好的找矿前景。

(3)区域矿产分布较多,矿区周围已发现有巴隆岩金矿、清水河铁矿等 58 处矿床、矿(化)点,分布于昆中断裂带内及其附近,矿体受其构造控制明显,为青海省重要的成矿带之一。该区华力西期岩浆活动强烈,剧烈的构造运动为金元素的活化、迁移、富集、沉淀提供了通道和成矿空间<sup>[18]</sup>。巴隆岩金矿位于矿区南西侧约 150 m,巴隆金矿在西矿区及外围圈定金矿体 10 条,主矿体(II-1)长度 740 m,平均厚度 1.24 m,Au 矿体平均品位  $7.57 \times 10^{-6}$ 。已有的成矿事实表明,矿区内具备寻找巴隆岩金矿的成矿地质条件,且具有多处与其巴隆岩金矿相似的成矿地质条件,是寻找“构破碎造蚀变岩型”金矿的有利地段,矿区内与其类比具有相似的成矿地质背景和成

矿地质条件,找矿前景良好。

## 5 结论

通过激电中梯测量工作圈定了 J-1、J-2 异常,并通过施工槽探工程及硐探工程进行了异常查证,证实 J-1 物探异常为构造破碎带内硫化物富集体引起的,金矿化体与异常峰值对应基本吻合,最终发现了一处隐伏金矿床。说明物探异常在寻找隐伏金矿体的找矿工作中获得了很好的找矿效果。因此在今后寻找同类型金矿床时应重视激电中梯测量的找矿手段。

## 参考文献:

[1] 马得仁,马占青,赵战锋.东昆仑-柴北缘地区构造与成矿时空关系研究[J].金属矿山,2010(8):501-503.  
 [2] 李金超,杜玮,成永生,等.青海省东昆仑成矿带主要金矿床特征及关键控矿因素分析[J].地质与勘探,2015(6):1079-1088.  
 [3] 袁万明,莫宝学,喻学惠,等.东昆仑热液金成矿带及其找矿方向[J].地质与勘探,2000,36(5):20-23.

- [4] 张伟,刘铭,马昭建.青海省都兰县璵木浑沟口金矿区地质特征及找矿方向[J].山东国土资源,2014,30(2):7-10.
- [5] 张德全,丰成友,李大新,等.柴北缘—东昆仑地区的造山型金矿床[J].矿床地质,2001,20(2):137-146.
- [6] 王仁祥,刘冰,王红梅,等.青海省东昆仑中断裂带哈图段地质特征及成矿预测[J].山东国土资源,2012,28(2):7-11.
- [7] 陈能松,孙敏,王勤燕,等.东昆仑造山带中带的锆石 U-Pb 定年与构造演化启示[J].中国科学(D辑),2008,38(6):657-666.
- [8] 陈能松,何蕾,孙敏,等.东昆仑造山带早古生代变质峰期和逆冲构造变形年代的精确限定[J].科学通报,2002,47(8):628-631.
- [9] 孙雨,裴先治,丁仁平,等.东昆仑哈拉杂吐岩浆混合花岗岩:来自锆石 U-Pb 年代学的证据[J].地质学报,2009,83(7):1000-1010.
- [10] 许志琴,杨经绥,李海兵,等.造山的高原—青藏高原地体的拼合、碰撞造山及隆升机制[M].北京:地质出版社,2007:1-458.
- [11] 陈有炘,裴先治,李瑞保,等.东昆仑造山带东段元古界小庙岩组的锆石 U-Pb 年龄[J].现代地质,2011,25(3):510-521.
- [12] 郑健康.东昆仑区域构造的发展演化[J].青海地质,1992(1):15-25.
- [13] 李军,陆林祥,张英梅,等.青海省都兰县乌拉斯太沟口金矿区地质特征及找矿前景[J].山东国土资源,2016,32(9):1-5.
- [14] 汤良杰,金之钧,戴俊生,等.柴达木盆地及相邻造山带区域断裂系统[J].地球科学-中国地质大学学报,2002,27(6):676-682.
- [15] 张旭,安仰生.物探方法在寻找苍山县王埝沟隐伏铁矿床中的应用[J].山东国土资源,2009,25(7):27-30.
- [16] 张英梅,孟祥伟,陈昆明.激电中梯和激电测深在车辆铜铅多金属矿中的应用[J].山东国土资源,2016,32(4):57-60.
- [17] 贺春艳,郭鹏,郭国强.综合物探在山东省招远市原疃地区金矿找矿中的应用[J].山东国土资源,2017,33(12):49-54.
- [18] 郭国强,贺春艳,刘洪波,等.“焦家式”蚀变岩型深部金矿地质—地球物理模型—新技术新方法在金矿深部找矿中的应用[J].山东国土资源,2017,33(2):21-27.

## Application of Geophysical Prospecting Method for Finding Goukou Hidden Gold Deposits in Naomuhun of Dulan City in Qinghai Province

PEI Changshi<sup>1</sup>, ZHANG Wei<sup>2</sup>, XIE Lili<sup>2</sup>, YANG Zhongchen<sup>3</sup>, MAO Hongpeng<sup>1</sup>, YANG Qi<sup>2</sup>, XING Qitao<sup>2</sup>

(1. Qinghai Jinxing mining Limited Corporation, Qinghai Xi'ning 810008, China; 2. Lunan Geo—engineering Exploration Institute, Shandong Yanzhou 272100, China; 3. Qinghai Shanjin Gold Mining Limited Corporation, Qinghai Xi'ning 810008, China)

**Abstract:** Goukou gold deposit in Naomuhun area of Dulan county in Qinghai province is located in the north of Kunzhong tectonic belt. The fault structures are well developed in the area and the gold mineralization conditions are favorable. The distribution of fault structures related to gold mineralization in the area has been basically identified by means of IP middle elevator survey. Two IP anomalies have been circled. The geophysical anomalies have been verified by means of trench and tunnel prospecting. It is proved that geophysical anomalies are caused by sulfide enrichment bodies in structural fracture zones, and the corresponding peaks of gold mineralization bodies and anomalies are basically coincide. Finally, a hidden gold deposit has been discovered. It is showed that geophysical anomalies have obtained results in prospecting for hidden gold deposits. Based on comprehensive analysis of structural factors, geophysical anomalies and existing metallogenic facts, it is considered that the area has a good prospecting prospect.

**Key words:** Goukou gold deposit; concealed gold deposit; prospecting prospect; geophysical anomaly; Dulan city in Qinghai province