

doi: 10.11720/wtyht.2015.2.08

张富程, 杨言辰, 李向文, 等. 十五里桥金矿区物化探异常特征及应用[J]. 物探与化探, 2015, 39(2): 262–267. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2015.2.08>

Zhang F C, Yang Y C, Li X W, et al. The effect of applying geophysical and geochemical anomalies to the Shiwuliqiao gold deposit in Heilongjiang Province[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2015, 39(2): 262–267. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2015.2.08>

十五里桥金矿区物化探异常特征及应用

张富程¹, 杨言辰¹, 李向文², 江秉忠²

(1. 吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130061; 2. 武警黄金第三支队, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要: 十五里桥金矿床位于上黑龙江盆地南缘, 是近年来通过物化探综合方法查证小比例尺化探异常新发现的又一金矿床。通过土壤测量成矿元素统计分析, Au 含量高, 变异系数大, 局部富集特征明显, 为主要成矿元素, 其所形成的异常是金矿找矿的直接标志, As、Sb、Cu、Bi 异常可作为间接找矿标志; 通过电磁场及其异常特征分析, 区内存在北北东向隐伏断裂带多组, 以高磁、低阻、中低极化为标志, 推断为脉岩沿断裂充填引起的; 而北东—北东东向控矿构造显示为高阻高极化, 且与北北东向断裂构造交汇部位金矿化显示较好。十五里桥金矿床的发现进一步证明了物化探综合方法是大兴安岭北部森林沼泽景观区金及多金属找矿的有效方法。

关键词: 化探异常; 十五里桥金矿区; 高精度磁测、激电中梯; 找矿标志; 森林沼泽景观区; 多金属矿

中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2015)02-0262-06

物化探方法在大兴安岭北部森林沼泽景观区找矿工作中得到了很好的应用, 其工作步骤为: 地物化综合异常与信息研究→1:5 万~1:10 万水系沉积物(土壤)测量, 目的为确定主攻矿种与圈定有利成矿远景区→1:1 万~1:2 万土壤(岩石)测量, 并进行物探测量, 目的为分解异常, 缩小靶区, 发现及定位矿(化)体^[1]。十五里桥金矿床位于黑龙江省塔河县境内, 是武警黄金第三支队于 2010 年利用 1:2 万土壤地球化学测量查证 1:10 万水系沉积物测量异常时发现的金矿床, 后经 1:1 万高精度磁法测

量和 1:1 万激电中梯剖面测量进一步解译区内脉岩与构造的展布情况, 进而判定矿体的形态与分布等, 其物化探方法的综合应用在十五里桥矿区取得了一定的效果。

1 地质概况

十五里桥金矿区位于大兴安岭北部, 属中低山森林沼泽亚景观类型^[1]。区内地形高差一般在 100~200 m, 属低度切割地形, 水系发育, 植被覆盖严重, 基岩露头较少。矿床处于上黑龙江盆地南缘, 出

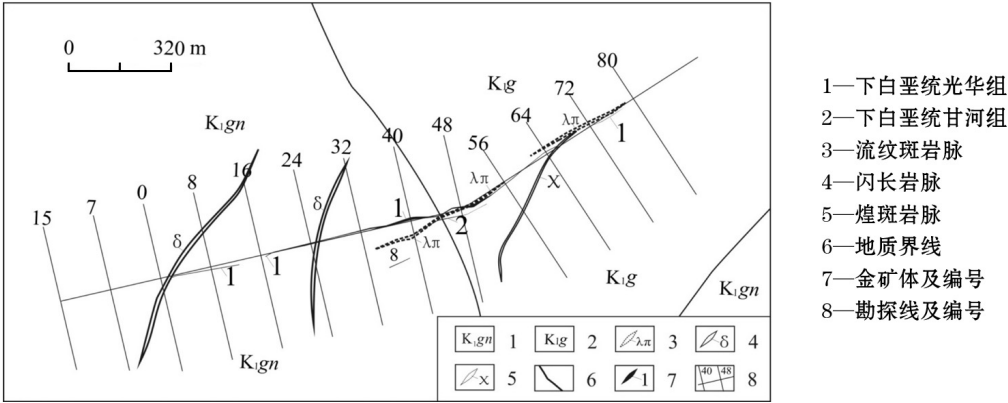


图 1 十五里桥金矿床地质概况及物探测线布置 (据文献[4]修改)

露地层较为简单,地表出露有白垩系下统光华组、甘河组及第四系(图 1)^[2-4]。光华组在区内大面积分布,主要岩性为灰白色流纹质晶屑凝灰岩、角砾凝灰岩、凝灰角砾岩及酸性熔岩;甘河组分布于矿区中部及中南部,岩性以安山岩为主,次为灰绿色橄榄玄武岩、伊丁石化橄榄玄武岩、玄武岩岩、安山玄武岩等。区内断裂构造发育,主要有北北东向、北东向、北西向及近南北向、近东西向,其中东北向断裂构造及其次级构造是主要的控矿构造。未见大面积侵入岩出露,但脉岩较为发育,主要有闪长岩脉、流纹斑岩脉、煌斑岩脉等^[4]。金矿化与石英(细网)脉关系密切,赋矿岩石为硅化角硅岩、硅化安山岩。矿体总体走向呈北东向,倾向南东,矿体呈脉状,局部有收缩膨大、尖灭再现现象。

2 地球物理、化学特征

矿区共采集 8 种岩性的 75 块岩矿石标本,利用小对称四极方法对标本进行了系统的岩石物性测定^[5]。测试结果(表 1)显示该区各岩性总体视电阻率差异不大,但硅化角砾岩(矿石)与围岩(安山岩)视电阻率的差别较大,与区内脉岩闪长岩较为接近;极化率值普遍偏低,其值大都在 2.5% 以下,硅化角砾岩、安山岩、流纹岩及清磐岩化安山岩的极化率差别甚微,区别不明显,总体高于区内其他类岩石,硅化角砾岩的极化率略大于安山岩而小于地表氧化的

清磐岩化安山岩。因此,该区物探工作利用的电性参数主要以电阻率为主,主要寻找的目标体以高阻、高极化为标志。

十五里桥矿区共开展 1 : 2 万土壤地球化学测量 38.9 km²,施工网度为 200 m×20 m,方位 345°,采样层位以 B 层为主,采样介质以黄色黏土为主,初加工粒度为-40 目^[6],分析元素为 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Bi。

对样品分析结果进行了统计(表 2),其特征为:①Au、Ag、Cu、Pb、Bi 浓集系数大于 1,属强富集元素,处于区域高背景场上,Au 最大值已具金矿化显示,达 171.40×10⁻⁹,而 As、Sb 等元素浓集系数小于 1,处于区域低背景场上,Zn 含量大致相当于区域平均值;②从均值与中位数关系看,所有元素的均值大于中位数,统计意义不大,但 Au 相对更为明显,存在局部活化富集或叠加富集的可能性或强度更大;③变异系数反映元素分布的均匀程度,变异系数越大,分布越不均匀,易于成矿^[7]。Au 元素变异系数较大,远大于其他元素,说明 Au 在该区分布极不均匀,显示其存在较强的后期叠加富集特征,易形成异常;其次为 Ag,但其强度远小于 Au。综上所述,结合区内成矿地质条件及勘查成果,可以确定 Au 为研究区主要成矿元素,Ag 可能为其伴生成矿元素。

对区内成矿元素进行了 R 型聚类研究^[7-9]。区内各成矿元素间相关性一般(图 2),最强的元素为

表 1 岩石电性参数统计

岩性	标本数	$\rho/(\Omega \cdot m)$		$\eta/\%$	
		变化范围	平均值	变化范围	平均值
安山岩	17	113.8~485.51	374.25	0.48~5.38	4.21
清磐岩化安山岩	6	105.62~345.14	220.38	0.26~9.90	5.58
流纹斑岩	8	102.22~485.54	388.57	1.52~5.43	4.12
角砾熔岩	9	150.31~441.12	259.48	0.86~1.76	1.43
流纹岩	14	105.38~465.17	271.85	0.23~3.17	0.98
凝灰岩	8	120.22~525.14	260.17	0.16~4.16	1.62
闪长岩	8	270.47~5406.3	934.80	0.50~2.98	1.64
矿石(硅化角砾岩)	5	639.61~1804.50	1087.40	3.20~6.30	4.81

表 2 指示元素在矿区土壤测量中的化学参数统计

参数	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Bi
样品数量	9895	9895	9895	9893	9895	9895	9895	7,285
平均值	1.35	0.17	17.06	46.33	62.58	6.30	0.41	0.26
中位数	0.80	0.12	15.40	25.00	60.00	5.19	0.38	0.23
标准离差	4.24	0.18	6.68	37.87	43.44	4.41	0.24	0.11
最小值	0.30	0.000	1.0	4.8	7.5	0.32	0.06	0.080
最大值	171.40	5.000	128.0	1,258.0	701.0	98.45	16.80	2.410
变异系数	3.14	1.07	0.39	0.82	0.69	0.70	0.59	0.43
浓集系数	1.18	2.46	1.52	1.88	0.99	0.62	0.75	1.12
异常下限	3.0	0.60	31.0	200.0	42.0	12.0	0.60	0.50
区域平均值	1.14	0.07	11.2	24.6	62.93	10.19	0.55	0.23

注:Au 元素含量单位为 10⁻⁹,其他元素含量单位为 10⁻⁶;区域平均值引自参考文献[8]

As、Sb,其次是 Cu、Bi;而 Zn 与 Pb、Au,Zn、Pb 与 Sb 呈负相关,Au 与其他成矿元素相关性一般,Zn 与其他元素相关性最差。当阈值取 0.5 时,区内 7 种元素中,Au-As、Sb-Cu、Bi3 个组合反映的是以 Au 为主与中、低温热液作用有关的矿化组合^[9],即 As、Sb、Cu、Bi 元素可作为 Au 元素间接找矿标志,而 Ag-Pb、Zn 两种组合对找矿的指示意义不大。

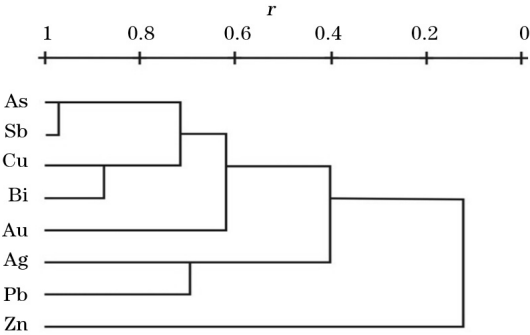


图 2 十五里桥金矿区 R 型聚类分析

3 异常特征

3.1 化探异常特征

本区被大面积安山岩所覆盖,其他地质单元面积很小,因此全区使用统一的背景值及异常下限。本区成矿元素均呈对数正态分布或近似正态分布,所以采用元素对数含量计算各元素背景值及异常下限:首先将大于lgx+3lgσ的高值点逐步剔除,再计

算对数平均值及异常下限,然后求真值即得对应元素的背景值和异常下限^[9-10]。各元素异常下限见表 2。1:2 万土壤地球化学测量共圈定多元素异常 300 余处,其中金异常 36 处,银异常 20 处、砷异常 16 处、锑异常 13 处、铜异常 18 处、铅异常 13 处、锌异常 22 处,铋异常 6 处。经查证,在 HT10-6、HT10-7 号发现金矿化体(图 3)。

HT10-6、HT10-7 组合异常均位于白垩系下统甘河组及与光华组地层接触部位,经槽探揭露,岩性为灰绿色安山岩(地表为清磐岩化安山岩)和少量流纹岩;异常内构造破碎带发育,多呈东北—北东东向展布,主要岩性为黄褐色蚀变安山岩,其内可见有硅化石英细脉。

HT10-6 号异常面积 0.364 km²,总体呈不规则状北北东向展布,由 Au、As、Sb 等 3 个单元元素异常(表 3)组成,套合关系一般,其中 Au10-7 号异常具有明显的浓集中心和浓度分带,面积大、强度高,单点最高达 108.4×10⁻⁶;异常右侧发育有 As、Sb 异常,规模不大、强度不高,均呈北北东向展布。

HT10-7 异常面积 0.203 km²,由 Au、As、Sb 等 3 个单元元素异常组成,套合关系较好,总体呈不规则状北北东向展布,其内 Au10-8 号异常具有明显的浓集中心和浓度分带,强度高、面积大,单点高值达 95.8×10⁻⁶,金异常左侧发育有 As、Sb 异常,规模不大,强度不高,均呈北北东向展布。由相关性分析可

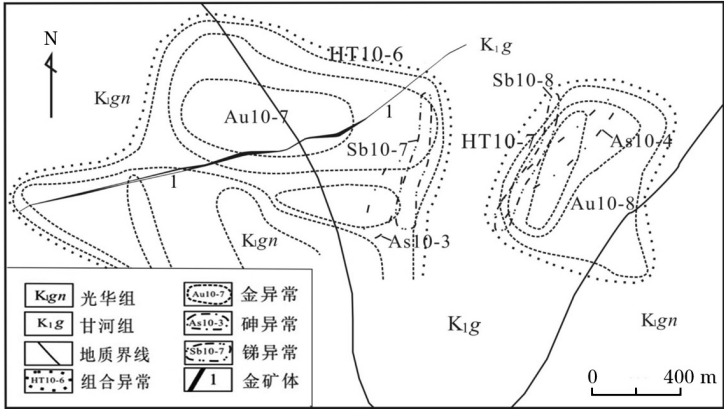


图 3 十五里桥金矿区 HT10-6、HT10-7 号组合异常平面

表 3 十五里桥金矿区 HT10-6、HT10-7 号组合异常特征

组合异常	异常编号	形状	面积/km ²	最高值	平均值	衬度	NAP	浓度分带
HT10-6	Au10-7	椭圆	0.364	108.4	13.63	4.54	1.652	内中外
	As10-3	不规则	0.016	34.91	24.86	2.07	0.033	外
	Sb10-7	不规则	0.012	0.81	0.76	1.267	0.015	外
HT10-7	Au10-8	椭圆	0.144	95.8	12.92	4.31	0.620	内中外
	外 As10-4	不规则	0.024	0.024	35.81	17.72	1.48	0.035
	外 Sb10-8	不规则	0.012	0.012	0.83	0.78	1.294	0.016

注:Au 元素含量单位为 10⁻⁹,As、Sb 元素含量单位为 10⁻⁶;NAP=(面积×平均值)/异常下限

知,Au 与 As、Sb 元素具有一定的相关性,区内 Au 异常强度大、面积大,而其前缘指示 As、Sb 元素异常的强度低、面积小,表明该区可能遭受了一定程度的剥蚀作用^[11]。

3.2 物探异常特征

在矿区土壤异常范围内开展了高精度磁测、激电中梯剖面测量等工作,其测线方位与区内测线方向一致,按网度 80 m×20 m,线长 1 km。背景值采用全部数据的区间统计的平均值及其离差确定。各物理参数异常下限由公式: $S_{\text{下限}} = [1 + (1 \sim 3)M] \times S_0$ 计算确定;高精度磁测 ΔT 异常下限取 100 nT,视电阻率 ρ_s 的异常下限为 800 $\Omega \cdot \text{m}$,视极化率 η_s 的异常下限为 6.10%^[12-13]。

本次高精度磁测量共推断出断裂 10 余处,高磁异常 9 处。本区 ΔT 平面等值线相对较缓,大部分呈负磁场,一般值在 ± 100 nT 之间,个别峰值在 1 000 nT 以上。区内分布有 4 条明显高磁、北北东向异常带(图 4a),推测由脉岩或斑岩体沿断裂带侵入引起。其中, $\Delta T13-2$ 、 $\Delta T13-4$ 、 $\Delta T13-8$ 号异常规模大,最大值在 800~1 000 nT,推断前二个为脉岩引起,后一个为推断为斑岩体; $\Delta T13-5$ 号异常规模较小,最大值为 400 nT,推断为脉岩引起。经部分验证,初

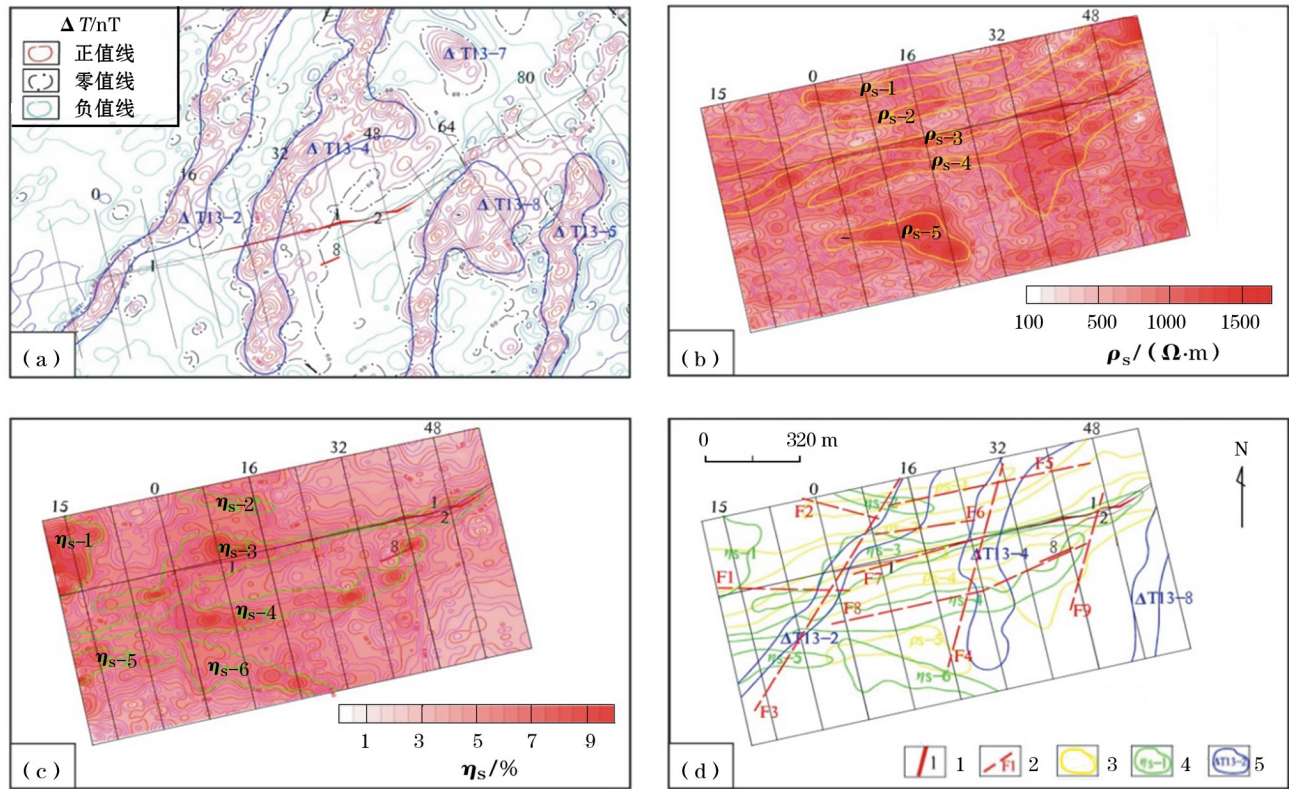
步确认 $\Delta T13-2$ 号高磁异常带由闪长岩脉引起,可以推测区内的主构造方向为北北东向,其与北东(东)向断裂构造交汇部位的含矿性好。

激电中梯测量 ρ_s 等值线相对平缓(图 4b),呈相对中阻。在区内可见有 4 处明显的中、高阻北东东向分带显示, ρ_s 值一般超过 800 $\Omega \cdot \text{m}$,个别点峰值达 1 500 $\Omega \cdot \text{m}$ 以上;其间有 500 $\Omega \cdot \text{m}$ 的低阻条带,推断为断裂构造引起,其他大部分低阻值呈不规则面状分布,不具构造特征。

由激电中梯测量 η_s 等值线平面(图 4c)可知,研究区东部有北东向视极化率异常, η_s 值大于 5.5%,局部低于 5%;西部的高极化区域 η_s 值大部在 4.5% 以上;中部有 4 处呈条带状高极化区域, η_s 值大于 6.1%,局部大于 10%。

研究区内磁异常相对标志明显,可以依据高磁异常对区内脉岩分布及深部构造做出推断。金矿化主要与硅化角砾岩有关,而硅化角砾岩与三种物理场中以视电阻率与围岩差异相对明显,因此异常解释以视电阻率异常为主(图 4d)。

ρ_s-1 号视电阻率异常,长 720 m,宽 60 m,呈长条带状北北东向展布,与 η_s-2 、 $\Delta T13-2$ 号异常局部吻合,推断为 F5 号断裂带引起,与 F3 号断裂交汇部



a—高精度磁法测量等值线;b—视电阻率等值线平面;c—视极化率等值线平面;d—综合异常解释
1—金矿体;2—推断断裂;3— ρ_s 异常;4— η_s 异常;5— ΔT 异常

图 4 十五里桥金矿区综合物探异常

位 4、8 线 26 点异常值大于 $1\,200\ \Omega \cdot \text{m}$, 推断该处为成矿有利部位。

ρ_s -2 号视电阻率异常, 呈长条带状北北东向展布, 贯穿全区, 与 ΔT_{13-2} 、 ΔT_{13-4} 、 η_s -1、 η_s -3 号异常局部吻合, 推断为 F6 号断裂带引起。15、11 线 6 号点, 20 线 10 号点, 48、52、56、60 线高值点连成一条高阻带, 呈北北东向展布, 异常值大于 $1\,000\ \Omega \cdot \text{m}$, 推断为成矿有利地段。

ρ_s -3 号视电阻率异常, 高值点为一狭长高阻带, 呈长条带状北东向展布, 长度大于 $1\,200\ \text{m}$, 贯穿 ΔT_{13-4} 号高磁异常带, 与 η_s -3 号异常吻合较好, 推断由 F1 及 F7 号断裂带引起。与 F3 (ΔT_{13-2} 高磁异常带) 断裂交汇部位 0 线附近的视电阻率值大于 $1\,000\ \Omega \cdot \text{m}$, 视极化率值大于 10%, 经地表及深部钻探验证异常为矿至异常, 在该处发现强硅化角砾岩, 金矿化显示较好。

ρ_s -4 号视电阻率异常, 位于 3~56 线、11~29 点间呈长条带状北北东向展布, 与 ΔT_{13-2} 、 ΔT_{13-4} 号异常局部吻合, 与 η_s -4 号异常局部吻合较好, 推断由 F8 号断裂带引起。高值点呈一狭长高阻带, 在东南部局部变宽, 呈三角状, 串珠状北东向展布, 异常值大于 $1\,000\ \Omega \cdot \text{m}$, 推断该处为一斑岩体, 异常内视极化率值大于 10% 的有 2 处, 推断该处为成矿有利部位。后地表验证异常为矿至异常, 由矿体倾向南东, 据与异常的相对位置, 推测矿体埋藏较深, 且呈串珠状分布。 ρ_s -5 号视电阻率异常, 位于 0~24 线, 11~39 点间呈长条带状近东西向展布, 与 η_s -4 号异常局部吻合较好。高值点异常值大于 $1\,000\ \Omega \cdot \text{m}$, 推断该处为一斑岩体; 该处的视极化率呈中、高极化, 亦推断为成矿有利部位, 可投入少量地表工程予以验证。

综合高磁 ΔT 、 ρ_s 与 η_s 等特征及异常分析, 结合区内地质情况, 可以推测研究区存在多条北北东向隐伏断裂带, 以高磁为主要标志并呈低阻、中低极化特征; 高磁异常带两侧发育的北东—北东东向断裂构造为本区重要控矿构造, 其特征显示为高阻、高极化且与其交汇部位的金矿化显示较好。

4 应用效果

利用槽探工程对 HT10-6、HT10-7 号组合异常进行了查证, 发现多条金矿化体。矿化体多产于甘河组安山岩中破碎蚀变带内, 原岩为蚀变安山岩, 具高岭土化、绿泥石化、绢云母化, 见黄铁矿化, 褐铁矿化等; 矿体总体走向北东, 倾向南东, 倾角 $49^\circ \sim 72^\circ$ 。矿石为石英脉及其两侧硅化带, 赋矿围岩主要为蚀

变安山岩和构造破碎带。

通过激电异常与矿(化)体对比研究分析, 本区矿化体宏观反映的地球物理电场特征为高阻、高极化, 视电阻率 ρ_s -3 号异常及视极化率 η_s -3 号异常与 1 号矿化蚀变带吻合较好; ρ_s -4 号视电阻率异常, 呈长条带状北北东向展布, 与 η_s -4 号异常吻合较好, 推断由 F8 号断裂带经过此区。异常高值点呈一狭长高阻带, 在东南部局部变宽, 呈三角状, 串珠状北东向展布, 异常值大于 $1\,000\ \Omega \cdot \text{m}$, 经过此区推断该处为一斑岩体, 该异常在该处视极化率值大于 10% 有 2 处, 推测该处为矿化较好部位。经后期探槽工程验证, 发现了 8 号矿体(图 4d)。40 号勘探线视极化率剖面有 3 处异常, 北西侧异常幅值较小, 异常形态低缓近正态分布, 推测为产状较陡的矿(化)体所引起; 中部异常幅值最大, 形态为北陡南缓, 推测为南倾的矿(化)体所引起; 南部异常位于中部异常的缓倾斜部, 异常幅值中等, 推测为中部矿体的局部富集或是由另一条矿(化)体引起。后布设了 3 个钻孔: ZK02、ZK03、ZK04, ZK02 及 ZK03 见到了矿体, ZK04 见矿效果不理想, 验证了视极化率异常推断的正确性(图 5)。

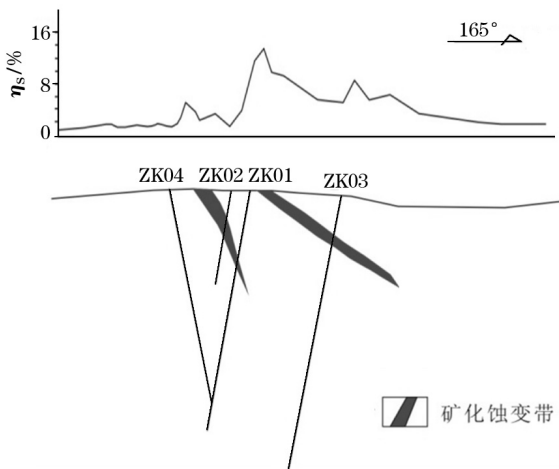


图 5 40 号勘探线视极化率剖面及钻孔验证示意

5 结语

十五里桥金矿床的发现, 进一步证明土壤地球化学测量方法和大比例尺物探方法在森林沼泽景观浅覆盖区对岩金或多金属找矿是可行的。在 1:5 万~1:10 万水系沉积物测量等小比例尺化探工作圈定的成矿远景区基础上开展 1:2 万或 1:1 万土壤测量工作, 发现矿(化)体后应用大比例尺物探方法对区内脉岩构造以及进行定位, 结合矿床地质、土壤地球化学等综合对比研究, 进而推测金矿(化)体

成矿有利地段,可以大大提高重型山地工程的找矿命中率。综合物化探方法的运用能够对浅覆盖区找矿远景做出最有效的、经济的、较快速的评价,其方法可供其他同类地区参考利用。

参考文献:

[1] 李向文,张纯歌,李庆录,等. 大兴安岭北部富克山地区勘查地球化学工作方法探索[J].地质与资源,2013,22(4):313-317.
[2] 宋贵斌,刘洪利,马靖,等.黑龙江十五里桥金矿床成矿地质背景及成矿机制探讨[J].黄金,2013,34(5):17-22.
[3] 黑龙江省地质矿产局第二区域地质调查大队.1:20万区域地质调查报告(依西肯幅、十八站幅、兴华幅、鸥浦幅)[R].齐齐哈尔:黑龙江省地质矿产局第二区域地质调查大队,1989.
[4] 李向文,杨言辰,叶松青,等. 黑龙江省塔河县十五里桥金矿床地质特征及控矿因素[J].地质与勘探,2014,50(1):77-87.
[5] 柳建新,曹创华,童孝忠,等.物化探方法在青海某多金属矿区

的找矿效果[J].物探与化探,2012,36(5):705-711.
[6] 公维国,李向文,魏海峰等. 黑龙江十五里桥金矿区土壤地球化学特征及找矿方向[J].黄金,2013,34(4):19-23.
[7] 夏祥标,郑来林.普迟亚地区水系沉积物测量地球化学特征及找矿方向[J].物探与化探,2009,33(6):626-629.
[8] 闫永生,李向文,聂春雨,等.黑龙江富克山地区水系沉积物测量地球化学特征及找矿远景预测[J].物探与化探,2013,37(1):23-29.
[9] 蒙勇,黄乃培,吕宇明.广西昭平黄胆冲地区金多金属矿床土壤地球化学研究与找矿[J].黄金,2011,32(11):16-23.
[10] DZ/T 0011-91,地球化学普查规范(比例尺1:50000)[S].
[11] 阮天键,朱有光.地球化学找矿[M].北京:地质出版社,1985:45-62.
[12] 傅良魁.激发极化法[M].北京:地质出版社,1993.
[13] 李金铭.激发极化法方法技术指南[M].北京:地质出版社,2004.

The effect of applying geophysical and geochemical anomalies to the Shiwuliqiao gold deposit in Heilongjiang Province

ZHANG Fu-Cheng¹, YANG Yan-Chen¹, LI Xiang-Wen², JIANG Bing-Zhong²

(1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China; 2. No. 3 Gold Geological Party of Chinese People's Armed Police Force, Harbin 150086, China)

Abstract: Located on the southern margin of upper Heilongjiang foreland basin, the Shiwuliqiao gold deposit was discovered in recent years though checking the small-scale geochemical anomaly by integrated geophysical and geochemical methods. The soil geochemical survey suggests that Au, which is characterized by high content, higher coefficient of variations and obvious local concentration, is the main ore-forming element. Besides, Au element anomaly is a direct indicator for prospecting, whereas element anomalies of As, Sb, Cu, Bi can be used as indirect indicators in prospecting. An analysis of the electromagnetic field and anomalies show that many sets of NNE-striking concealed faults are characterized by high magnetism, low resistivity, and medium-low polarization, caused probably by filling of dikes. The NE-NEE ore-controlling structures exhibit high resistivity and high polarization, and their intersections with NNE trending faults display better gold mineralization. The discovery of the Shiwuliqiao gold deposit suggests that geophysical and geochemical methods are effective means in search for gold and polymetallic deposits in northern areas of marsh landscape in the Da Hinggan Mountains.

Key words: geochemical exploration; Shiwuliqiao gold deposit; high-precision magnetic survey; IP intermediate gradient; ore-prospecting indicator; forest-swamp landscape; polymetallic deposit

作者简介: 张富程(1990-),男,硕士研究生,主要从事成矿规律与找矿预测方面研究。E-mail:1109590617@qq.com
通讯作者: 杨言辰(1965-),男,教授,博士,主要从事有色及贵金属矿产勘查与研究。E-mail: yyc@jlu.edu.cn