

辽宁省抚顺棋盘山矿区物化探地质特征及找矿方向浅析

吴志国

(辽宁省第十地质大队, 辽宁抚顺 113000)

[摘要] 本文以辽宁抚顺棋盘山矿区为例, 从区域地质背景入手对矿区的地质特征、物化探特征、矿化体特征进行了论述, 指出花岗斑岩体具有良好的分带性、为低阻高极化体, 且与土壤地球化学异常吻合。重点分析了 Au、Mo 矿化体的空间分布规律、原生晕的分带规律以及矿化体与蚀变之间的关系, 指出 Au 矿化体多产于岩体内部的断裂带内, 且与硅化、褐铁矿化、黄铁矿化关系密切; 而 Mo 矿化体呈矿化带产于岩体的外接触带中, 与硅化关系密切; 原生晕在轴向上具有 Pb-Ag-Zn-Au-Mo-Cu 的分带特征。同时总结了矿区的地质、物化探异常以及蚀变等方面的找矿标志, 指明化探异常地段以及岩体接触带是下一步找矿重点方向。

[关键词] 物化探地质特征 找矿方向 棋盘山矿区 抚顺 辽宁

[中图分类号] P631.6; P632+.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2019)05-09

Wu Zhiguo. Geophysical and geochemical characteristics and prospecting direction of the Qipanshan mining area in Fushun, Liaoning Province[J]. *Geology and Exploration*, 2019, 55(5): 1164-1172.

0 引言

抚顺棋盘山地区大地构造位置位于华北板块, 属辽东(隆起)Fe-Cu-Pb-Zn-Au-U-硼-菱镁矿-滑石-石墨-金刚石成矿带、铁岭-靖宇(次级隆起)Fe-Au-Cu-Ni-Pb-Zn成矿亚带救兵-柞乃甸Cu-Zn-Au成矿小带(杨占兴, 2006; 徐志刚, 2008), 是我国重要的金铜铁多金属矿产资源基地之一。区内以往研究程度较高, 先后发现了红透山大型铜矿、下大堡中型金矿、王家大沟小型金矿、下营子小型银矿等矿床以及众多的矿化点, 是该区为重要的成矿远景区。该远景区与吉林夹皮沟众多金矿床(夹皮沟、三道岔、二道沟、八家子、板庙子、小北沟、二道岔), 同属铁岭-靖宇(次级隆起)Fe-Au-Cu-Ni-Pb-Zn成矿亚带。最新研究成果表明, 该成矿亚带金矿床的成矿背景、成矿作用、主成矿期次等相近(罗镇宽等, 2002; 李碧乐等, 2004; 于凤金等, 2005; 张立仕 2013; 李亮 2016)。已知矿床的成因与印支期、燕山期中酸性侵入岩关系密切。

近年来, 抚顺棋盘山地区已开展过系统的地质找矿工作, 发现多条金钼矿化体赋存于花岗斑岩及其围岩中。土壤地球化学测量、激电中梯测量作为一种常规勘查方法, 在地表勘查与深部找矿工作中具有不可替代的作用和优势(李祥才等, 2009; 刁理品, 2010; 张善明, 2011; 俞胜等, 2016; 孙仁斌等, 2017)。研究其物化探地质特征, 总结成矿规律, 对于该区下一步找矿以及在周边地区开展同类型矿床地质找矿工作有着重要的指导意义。

1 矿区地质特征

矿区内地层为侏罗系上统小东沟组及白垩系下统小岭组, 呈北西向分布于矿区的中部。地层岩性小东沟组主要为紫红色凝灰质、泥质粉砂岩; 小岭组可分为上下两段, 下段主要为安山质熔岩、角砾安山岩, 上段主要为角砾安山岩、安山质角砾岩。

受区域构造活动影响, 区内断裂构造发育, 主体构造呈北北西向展布, 为区内主要的控岩及控矿构造。与主体断裂构造相配套发育一系列北西向次级断裂构造。

[收稿日期] 2017-11-16; **[改回日期]** 2019-07-06; **[责任编辑]** 郝情情。

[基金项目] 辽宁省地质勘查基金项目(编号: 辽国土资项发[2008]31号)资助。

[第一作者] 吴志国(1979年-), 男, 2002年毕业于辽宁工程技术大学, 获硕士学位, 高级工程师, 长期从事地质矿产勘查工作。E-mail: 15993873@qq.com。

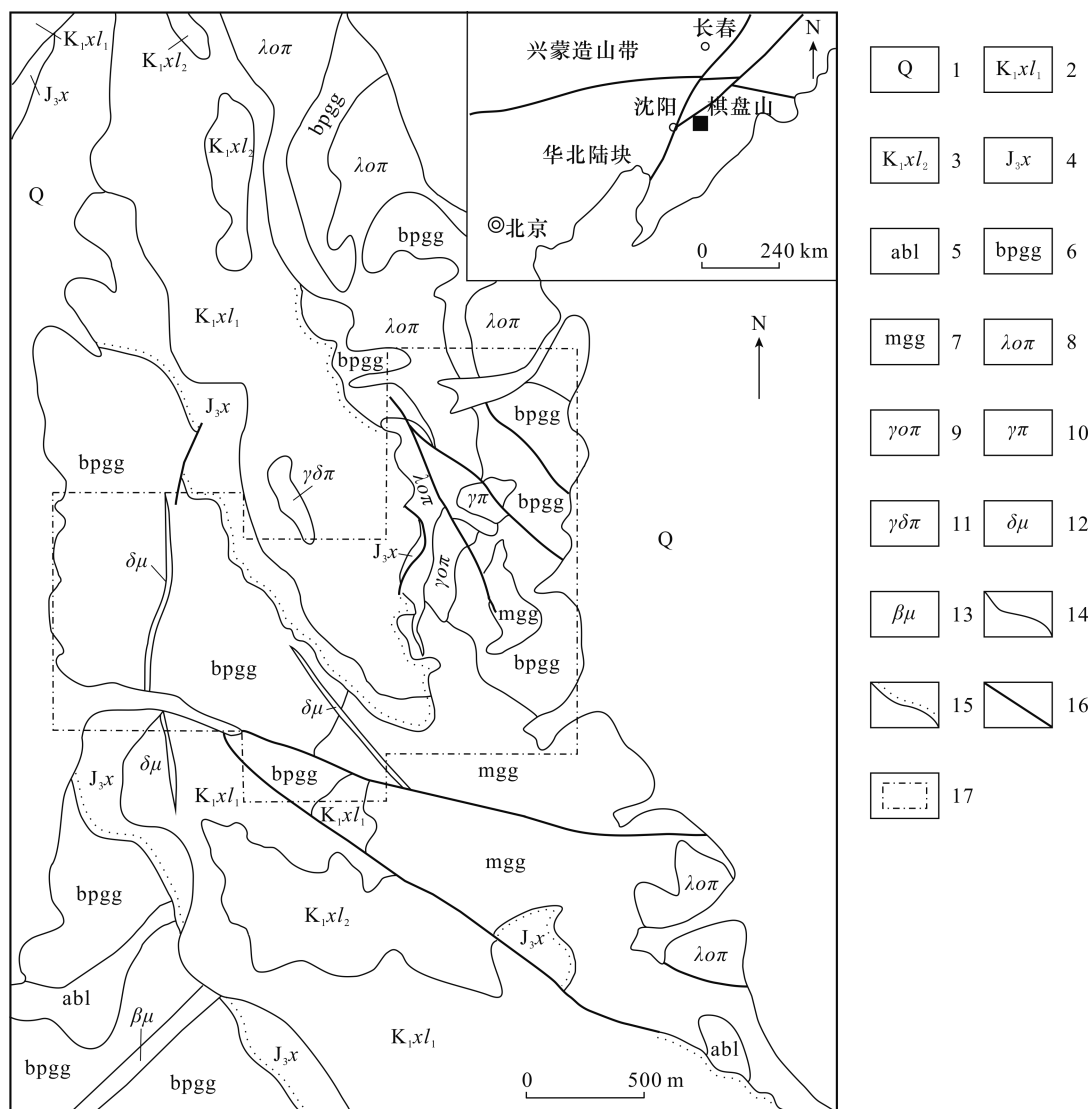


图1 棋盘山矿区地质草图

Fig. 1 Geological sketch map of the Qipanshan mining area

1 - 第四系; 2 - 小岭组一段; 3 - 小岭组二段; 4 - 小东沟组; 5 - 斜长角闪岩; 6 - 黑云斜长花岗质片麻岩; 7 - 二长花岗质片麻岩; 8 - 石英斑岩; 9 - 斜长花岗斑岩; 10 - 花岗斑岩; 11 - 花岗闪长斑岩; 12 - 闪长玢岩; 13 - 辉绿岩; 14 - 地质界线; 15 - 不整合界线; 16 - 实测性质不明断层; 17 - 物探工作区

1 - Quaternary; 2 - 1st member of Xiaoling Formation; 3 - 2nd member of Xiaoling Formation; 4 - Xiaodonggou Formation; 5 - amphibolite; 6 - biotite plagioclase granitic gneiss; 7 - monzonitic granitic gneiss; 8 - quartz porphyry; 9 - plagioclase granite - porphyry; 10 - granite - porphyry; 11 - granodiorite - porphyry; 12 - diorite porphyry; 13 - diabase; 14 - geological boundary; 15 - unconformity boundary; 16 - unidentified measured fault; 17 - geophysical work area

矿区内岩浆活动强烈, 表现为大面积分布的太古代变质深成侵入体及后期中基性 - 酸性侵入岩。太古代变质深成侵入体以中晚太古代花岗岩类为主体, 其成分相当于英云闪长岩 - 花岗闪长岩, 现已变质形成各类片麻岩, 是区域上重要的矿源层(王相文等, 2005; 王声喜等, 2008; 李伟等 2010; 赵永利等, 2010)。区内侵入岩主要形成于燕山中晚期, 中基性岩类(闪长岩、辉绿岩)以脉状产出; 花岗闪长斑岩、石英斑岩、花岗斑岩以岩株和岩枝状产出,

花岗斑岩与金钼矿化体关系密切。花岗斑岩呈近似椭圆的岩株状产出, 向西侧伏, 岩石总体呈浅灰绿色 - 灰黑色, 斑状结构, 斑晶主要为斜长石、石英、正长石, 基质由细粒长英质矿物组成。岩相分带明显, 从岩石粒度和斑晶颜色可作如下划分: 从外向内依次为细粒花岗斑岩 → 中粒花岗斑岩 → 含灰白色斑晶花岗斑岩 → 含浅肉红色斑晶花岗斑岩。

矿区内围岩蚀变可分为沿断裂构造破碎带产出

的动力蚀变和热液充填型热液蚀变,主要为硅化、黄铁矿化、褐铁矿化等。受热液影响,花岗斑岩围岩各类片麻岩,发生不同程度的蚀变。在岩体附近,硅化较强的片麻岩原有结构构造消失,岩石粒度变大,暗色矿物发生绿泥石化、绢云母化等,并伴随有大量含辉钼矿的石英细脉穿插其中,以下称为强蚀变片麻岩;远离岩体,片麻岩的结构构造变化不大,蚀变现象不明显,以下称为弱蚀变片麻岩。

2 矿区土壤地球化学特征

据土壤样品的数据统计表明(表1)。Au、Mo的平均含量略高于克拉克值,极比值较大,具有较大的变异系数,在本区存在局部富集,有形成矿化的可能。Ag、Pb的平均含量是克拉克值的2倍以上,其

极值比较大,变异系数中等,同样有富集的可能,但不是很明显,对找金矿有一定的指示意义。Cu、Zn变异系数较小,分布比较均匀,单独成矿的可能性小(赵永利等,2010)。

矿区内圈定土壤地球化学异常组合3处(图2)。组合异常AP1不论从组合异常形态还是从单元素异常均呈近椭圆形的不规则形态,单元素异常内带与花岗斑岩出露范围吻合。组合异常AP2呈不规则状形态,AP3呈条带状近北北西向展布,这可能与北西向的断裂关系密切。纵观总体,这三个组合异常围绕花岗闪长斑岩体呈近似的环形分布,可能与环形构造有关,据研究环形构造与成矿关系密切(陈世忠等,2013;时建民等,2016)。

其中AP1组合异常由Au4、Ag2、Mo8、Cu2、Pb8、

表1 棋盘山矿区土壤地球化学特征一览表(据赵永利等,2010)
Table 1 A list of soil geochemical characteristics in the Qipanshan mining area(after Zhao et al., 2010)

元素	克拉克值(K)	全区平均值(x)	标准差(δη)	变异系数(Cv)	极大值/极小值	极大极小比值	x/K
Au	4.00	4.8	42.26	880.42	2483/0.1	24830	1.20
Ag	0.08	0.16	0.27	168.75	4.399/0.039	112.79	2.00
Cu	47	42.7	42.78	100.19	698/1	698	0.91
Pb	16	32.38	61.59	190.21	3336.2/5.11	652.87	2.02
Zn	83	96.91	69.15	71.35	1702/25.8	65.97	1.17
Mo	1.1	1.16	3.42	294.83	111/0.18	616.67	1.05

注:K值据维诺格拉多夫(1962), $C_v = x/\delta\eta$, Au单位为 10^{-9} ,其它元素单位为 10^{-6} 。

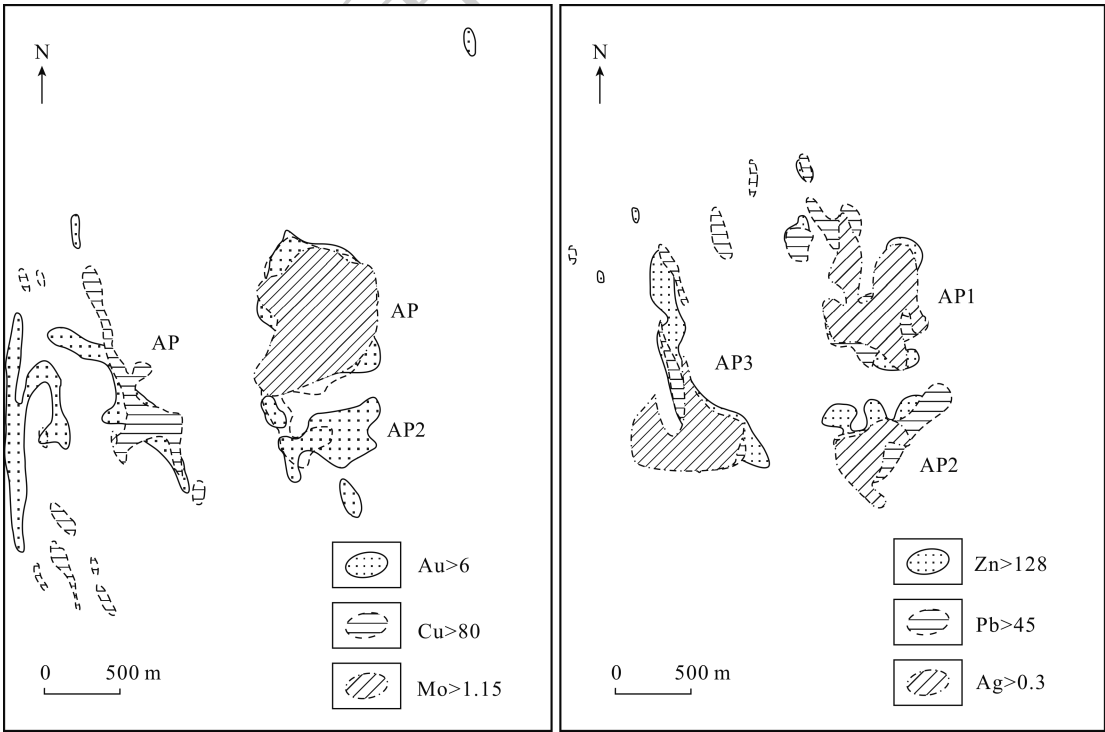


图2 土壤地球化学异常图(单位:Au $\times 10^{-9}$,其余 $\times 10^{-6}$)
Fig. 2 Soil geochemical anomalies(unit:Au $\times 10^{-9}$,others $\times 10^{-6}$)

Zn11 组成。从表 2 可以看出,单元元素异常平均值一般为异常下限的 1.8 ~ 11.6 倍,标准离差为矿区的 2 ~ 3 倍,NAP 以 Au、Mo 为主,这些都表明该组合异常与 Au、Mo 矿化关系密切并具有较好的找矿潜力。该异常规模、形态及成矿地质背景可与内蒙古赤峰市孤家子钼矿(王秋印和程华生,2011)相比。

表 2 AP1 组合异常特征表
Table 2 Features of the AP1 combination anomaly

异常编号	异常下限 T	异常点数 (个)	面积 $S(\text{km}^2)$	平均值 X	极大值 max	标准离差 δ	衬度 X/T	NAP 值 $S * X/T$	浓度分带
Au4	6	210	0.44	69.5	2483	211.33	46.33	20.36	内中外
Ag2	0.3	154	0.30	0.902	4.399	0.996	0.84	0.25	内中外
Cu2	80	224	0.48	187.2	698	124.5	5.55	2.67	内中外
Pb8	45	91	0.19	123.4	1036	167.3	4.86	0.90	内中外
Zn11	128	102	0.19	235.2	1168	167.1	2.80	0.54	内中外
Mo8	1.15	325	0.64	8.73	111	12.06	13.64	8.67	内中外

注: Au 单位为 10^{-9} , 其它元素单位为 10^{-6} 。

3 矿区激电异常特征

由激电中梯视电阻率平面图(图 3a)可以看出,区内高阻体 ($>1500\Omega \cdot \text{m}$) 总体呈北西至近南北走向,具半环状分布的特点,与低阻体 ($<1000\Omega \cdot \text{m}$) 相间分布,区内圈定 4 处低阻异常。 ρ_s1 异常位于矿区东部,呈不规则狭长状南北向展布,异常中心多处呈扁豆状,视电阻率值最低 $400\Omega \cdot \text{m}$,与 η_s1 北部异常中心大体吻合; ρ_s2 异常位于矿区中部,异常形态呈不规则状,由多个异常组成,视电阻率值最低 $400\Omega \cdot \text{m}$, η_s2 异常与 ρ_s1 ρ_s2 异常部分吻合; ρ_s3 为矿区中部,呈长条状近南北向展布,视电阻率值最低 $400\Omega \cdot \text{m}$; ρ_s4 异常位于矿区西部,异常未封闭,视电阻率最低值 $500\Omega \cdot \text{m}$ 左右,与 η_s3 异常少部吻合。

由激电中梯视极化率平面图(图 3b)可以看出,区内视极化率背景值在 2% ~ 5%,按 7% 作为异常下限圈定 η_s1 、 η_s2 、 η_s3 三处异常。 η_s1 号异常位于矿区东部呈长条状近南北展布,长 1500m,宽 200 ~ 400m,异常中心两处,异常值最高达 10%,其中北部异常中心与花岗斑岩吻合较好; η_s2 号异常位于矿区中部,呈近椭圆状形态,宽 480 ~ 550m,异常中心呈长条形近东西展布,异常值最高可达 13%; η_s3 号异常位于矿区西部,呈近椭圆状形态,宽 200 ~ 280m,异常最大值 11%; η_s2 和 η_s3 异常均位于凝灰质粉砂岩与片麻岩的接触部位。上述这三处视极化率异常总体呈半环状围绕花岗闪长岩体展布。

图 3 与已知地质体对比可看出,凝灰质粉砂岩具有低阻低极化的特点,石英斑岩、斜长花岗斑岩、

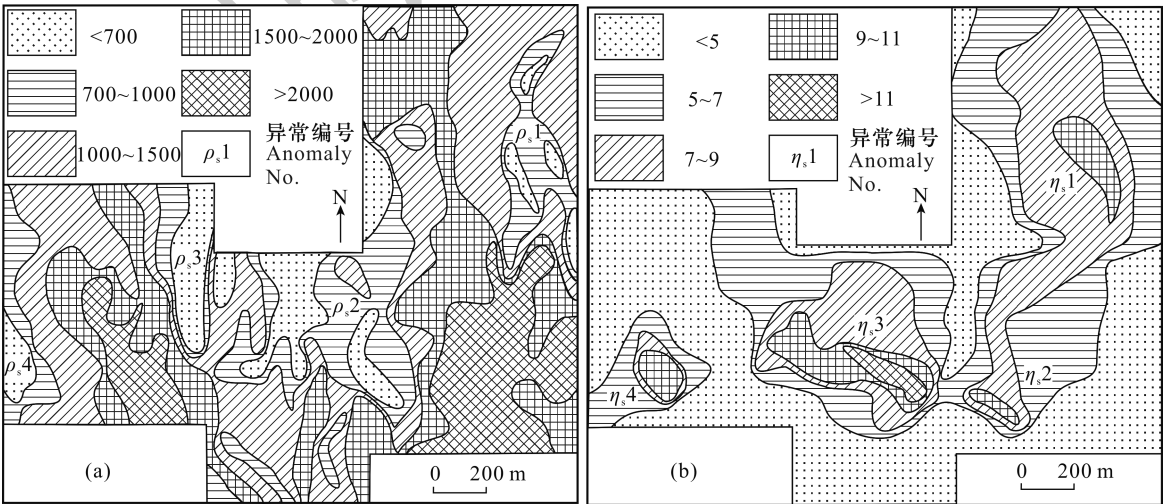


图 3 激电中梯平面图

Fig.3 Planar graphs of IP intermediate gradient

a - 视电阻率平面图(单位: $\Omega \cdot \text{m}$); b - 视极化率平面图(单位: %)

a - planar graph of apparent resistivity(unit: $\Omega \cdot \text{m}$); b - planar graph of apparent polarizability (unit: %)

二长花岗斑岩具高阻低极化的特点,花岗斑岩具有低阻高极化的特点。花岗斑岩具有此特点与矿区大面积的黄铁矿化有关。

4 矿化体地质特征

矿区内发现 4 条金钼矿化带均产于花岗斑岩体内。①号矿化带:由破碎的花岗斑岩构成,呈近南北走向,厚 7m, Au 品位为 $1.12 \times 10^{-6} \sim 47.97 \times 10^{-6}$, 伴生 Ag、Cu、Pb、Zn、Mo 等有益组分。②号矿化带:由构造蚀变带构成,厚 2.0m,产状: $72^\circ \angle 75^\circ$, Au 品位 $0.72 \times 10^{-6} \sim 4.62 \times 10^{-6}$ 。③号矿化带:由花岗斑岩构成,厚 1.3m, Au 品位 $0.58 \times 10^{-6} \sim 3.56 \times 10^{-6}$ 。④号矿化带:由花岗斑岩构成,矿化体呈近北西走向,厚 4.0m, Au 品位为 $1.18 \times 10^{-6} \sim 10.86 \times 10^{-6}$, 伴生 Ag 等有益组分。矿化强度与岩石的破碎程度和硅化与黄铁矿等蚀变关系密切,当岩石破碎强烈、硅化强硫化物含量高的时候,往往达到工业品位。

矿石以浸染状构造最为主要,并见有较晚期细脉状黄铁矿、黄铜矿及辉钼矿的叠加。矿石金属矿物以黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿为主,脉石矿物以石英、黑云母、绿泥石、绢云母、碳酸盐为主。

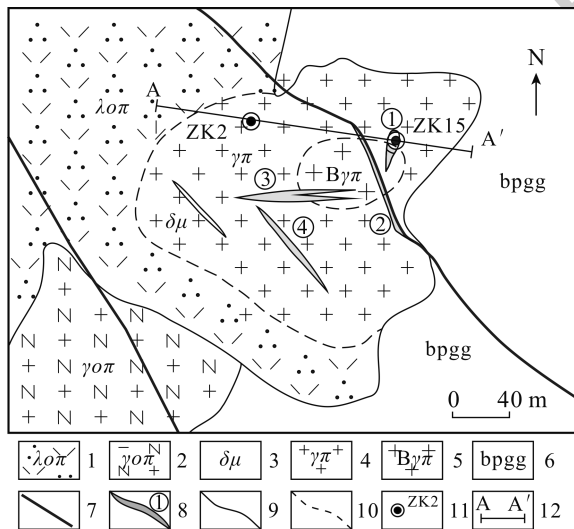


图 4 花岗斑岩体地质略图

Fig. 4 Geological sketch map of the granite porphyry

1 - 石英斑岩; 2 - 斜长花岗斑岩; 3 - 闪长玢岩; 4 - 花岗斑岩; 5 - 含斑晶花岗斑岩; 6 - 黑云斜长花岗质片麻岩; 7 - 实测性质不明断层; 8 - 矿化体及编号; 9 - 地质界线; 10 - 推测地质界线; 11 - 钻孔及编号; 12 - 剖面线

1 - quartz porphyry; 2 - plagioclase granite porphyry; 3 - diorite porphyrite; 4 - granite porphyry; 5 - phenocryst bearing granite porphyry; 6 - biotite plagioclase granitic gneiss; 7 - unidentified measured fault; 8 - mineralization body and number; 9 - geological boundary; 10 - specified geological boundary; 11 - borehole and number; 12 - section line

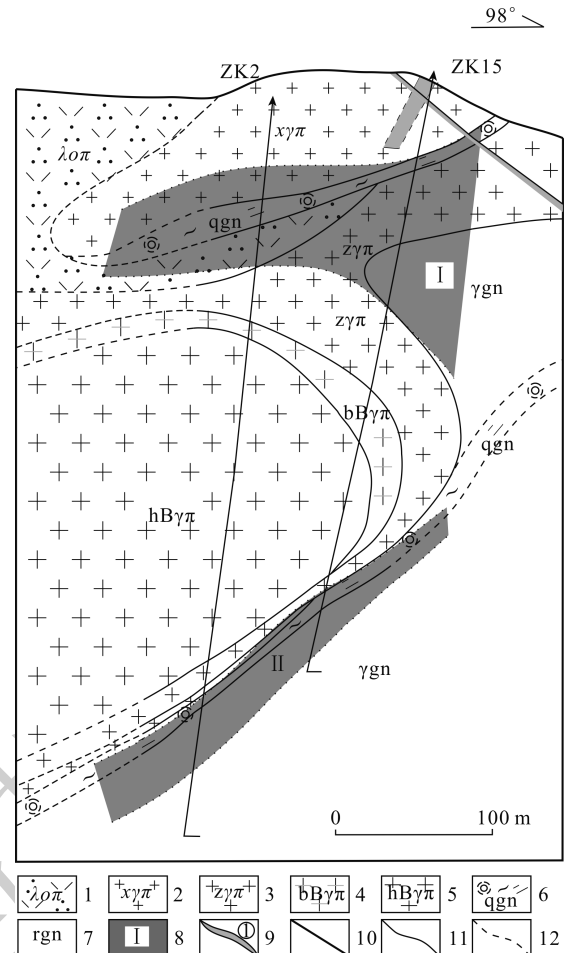


图 5 花岗斑岩体 A-A' 剖面图

Fig. 5 Section of the granite porphyry along the line A-A'

1 - 石英斑岩; 2 - 细粒花岗斑岩; 3 - 中粒花岗斑岩; 4 - 含白色斑晶花岗斑岩; 5 - 含红色斑晶花岗斑岩; 6 - 强蚀变片麻岩; 7 - 弱蚀变片麻岩; 8 - 含矿带及编号; 9 - 矿化体及编号; 10 - 实测性质不明断层; 11 - 地质界线; 12 - 推测地质界线

1 - quartz porphyry; 2 - fine-grained granite porphyry; 3 - middle-grained granite porphyry; 4 - granite porphyry with white phenocrysts; 5 - granite porphyry with red phenocrysts; 6 - strongly altered gneiss; 7 - weakly altered gneiss; 8 - ore bearing zone and number; 9 - mineralization body and number; 10 - unidentified measured fault; 11 - geological boundary; 12 - speculate geological boundary

在深部经钻探验证, Mo 矿化体主要产于岩体外接触带的蚀变片麻岩中, 根据空间位置可分为两个矿化带。从 Mo 矿化体数量来看 I 号含矿带为 23 条, II 号含矿带为 17 条, 钼矿化具有从浅部向深部有变弱的趋势。Au 矿化体主要产于岩体内部, 且多与后期断裂构造关系密切, 伴生有益组分为 Ag、Cu、Pb、Zn 等。从岩体及其围岩原生晕测量成果(表 3)发现, Au 元素含量具有从岩体外带至内带升高的特点, Mo 元素在岩体中的含量远低于蚀变片麻岩中的, 这与 Au、Mo 矿化体的赋存层位是一致的。

表 3 原生晕测量成果表
Table 3 Measurement of primary haloes

岩石名称	样品数量	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo
细粒花岗斑岩	5	9.76	2.45	208.26	99.72	214.58	76.58
中粒花岗斑岩	19	34.69	4.13	92.53	195.09	481.02	21.45
含灰白色斑晶花岗斑岩	6	58.62	4.12	41.28	74.67	111.03	10.55
含肉红色斑晶花岗斑岩	28	62.51	2.54	475.38	181.30	115.09	13.65
强蚀变片麻岩	6	40.45	3.26	495.67	139.03	233.73	141.60
弱蚀变片麻岩	19	26.51	1.24	392.05	53.70	73.65	101.67

注: Au 单位为 10^{-9} , 其余元素均为 10^{-6} 。

对上述剖面的 ZK2 及 ZK15 钻孔原生晕测量成果进行综合汇总, 编制单元素异常图(图 6)。其中 Au 元素在钻孔中均有较高的含量($>10 \times 10^{-9}$)呈带状展布, 可分上中下三带, 异常带浓集中心明显具

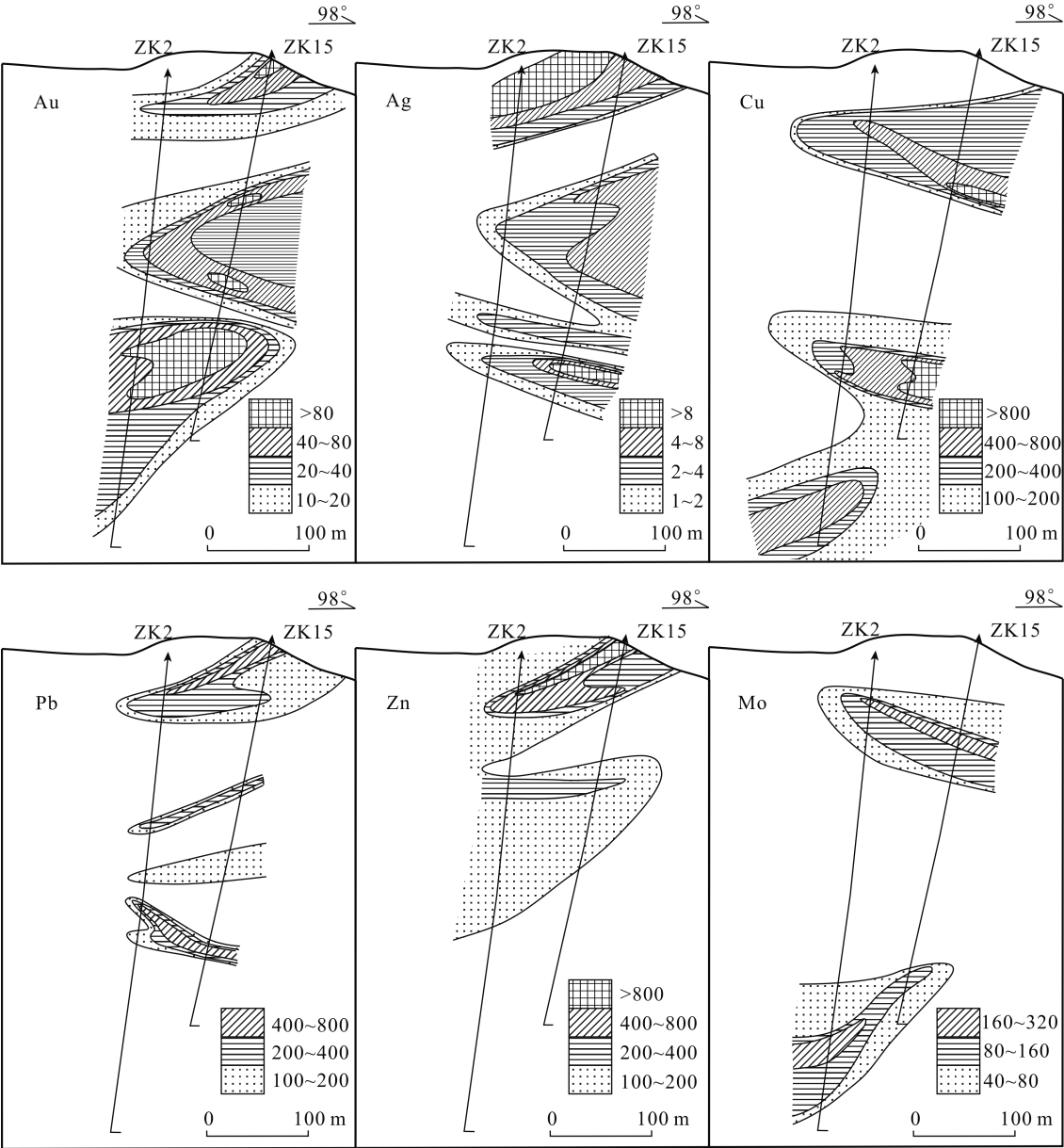


图 6 A-A'剖面钻孔岩石地球化学异常图(单位: Au 元素为 10^{-9} , 其余元素均为 10^{-6})

Fig. 6 Lithogeochemical anomalies of borehole along the line A-A' (unit: Au element is 10^{-9} , others is 10^{-6})

梯度变化。Ag 元素在钻孔的上部有较高含量 ($>1 \times 10^{-6}$), 下部含量低, 其余与 Au 元素相似。Cu 元素在钻孔的上、下部有较高含量 ($>100 \times 10^{-6}$), 呈带状展布, 可分为上下两带, 异常带浓集中心明显具明显的梯度变化, 其余与 Au 元素相似。Pb 元素在钻孔中含量较高 ($>100 \times 10^{-6}$) 地段与 Ag 元素大体相当, 但异常强度及范围均要小得多。Zn 元素在钻孔的上部有较高含量 ($>100 \times 10^{-6}$), 中部异常不明显, 上部浓集中心明显具明显的梯度变化。Mo 元素在钻孔中含量较高 ($>40 \times 10^{-6}$) 地

段与 Cu 元素大体相当, 但异常强度及范围均略小于 Cu 元素。上述各元素的分布特征与花岗斑岩、片麻岩的空间展布密切相关。以 250m、200m、100m、0m、-100m、-200m 水平标高为界限, 将元素异常图分为六部分, 采用格里戈良法计算不同标高各元素分带指数, 确定元素分带特征。据元素分带指数计算结果(表 4), 初步确定轴向从上而下具有 Pb-Ag-Zn-Au-Mo-Cu 分带的特征, 其可与河北东坪、后沟金矿部分对比(常志民, 1995; 李少众, 2002)。

表 4 原生晕不同标高元素分带指数

Table 4 Element zoning indices of different elevations of primary halo

标高	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo
250m	0.024	0.059	0.000	0.590	0.327	0.000
200m	0.013	0.014	0.541	0.132	0.171	0.129
100m	0.123	0.125	0.000	0.224	0.528	0.000
0m	0.197	0.060	0.460	0.153	0.130	0.000
-100m	0.091	0.000	0.488	0.000	0.000	0.419
-200m	0.000	0.000	0.998	0.000	0.000	0.000

5 围岩蚀变及其与矿化的关系

在断层和花岗斑岩附近蚀变作用强烈, 与成矿关系密切主要蚀变类型为硅化、黄铁矿化、褐铁矿化。

(1) 硅化: 为岩浆活动后期与矿液活动有关的热液蚀变产物, 硅化可分为早晚两期。早期蚀变产于花岗斑岩体及其围岩, 主要表现为使岩石褪色和变硬。晚期蚀变在花岗斑岩岩体及外接触带中呈石英细脉产出, 细脉宽度一般 2~5mm, 产出方向各异, 不同方向的石英细脉之间有相互穿插的现象。石英细脉在岩体内数量较少, 主要发育于细-中粒花岗斑岩中, 密度为 0.1 条/m, 内部相带未见有石英细脉发育; 相对而言在外接触带中石英细脉的数量则大大增加, 可达到 0.5~1.5 条/m, 可见岩体的外接触带为寻找辉钼矿的有利部位。石英细脉伴有黄铁矿和辉钼矿, 辉钼矿多分布于细脉两侧, 它与辉钼矿化关系密切, 可与大黑山钼矿(周伶俐等, 2010)和青城子姚家沟钼矿(和成忠, 2015)对比。与断裂构造有关的硅化, 主要表现为在破碎带内交代原岩, 而使原岩褪色呈烟灰色, 并可见晶形完好的立方体状黄铁矿, ②号 Au 矿化体就产于其中, 可见该种硅化与金矿化关系密切。

(2) 黄铁矿化: 在石英斑岩、斜长花岗斑岩、花岗斑岩、片麻岩中均有产出。黄铁矿的形成从成矿

早期一直延续到成矿后期, 根据矿化蚀变期次及矿物共产生组合, 本矿区的黄铁矿可分为三个世代: 第一世代(Py I): 黄铁矿呈稀疏浸染状产出, 可见少量立方体晶形。第二世代(Py II): 石英呈细脉状穿插充填原岩, 黄铁矿在石英脉中呈细脉浸染状。第三世代(Py III): 黄铁矿呈板状分布于石英及方解石细脉之中, 或呈团块状分布于构造裂隙中。黄铁矿的第二、三世代并可见有辉钼矿沿石英细脉边部或在团块状黄铁矿外围分布。从不同的岩石类型来看, 石英斑岩、斜长花岗斑岩中主要为第一世代的黄铁矿; 在片麻岩、花岗斑岩中, 各世代的黄铁矿均有产出, 以第一、二世代为主。

(3) 褐铁矿化: 多见于花岗斑岩体中, 在片麻岩中则由于风化作用强烈而不明显。稀疏浸染状分布的黄铁矿, 风化后形成具蜂窝状构造的褐红色-浅褐色褐铁矿, 局部可见保留有立方体假象的褐黑色褐铁矿。当褐铁矿化呈赭红色时, 与金矿化关系密切。

上述蚀变作用发生的同时, 大面积发育有绿泥石化、绢云母化、碳酸盐化、绿帘石化、高岭土化等蚀变作用, 并局部可见方铅矿化、孔雀石化、黄铜矿化等矿化显示。

6 结论

综合地物化等多方面分析认为, 该地区的找矿

标志有如下几个方面:(1)地质标志:多期次的岩浆活动为成矿提供物质来源,构造活动为成矿物质的运移和沉淀提供场所。矿区内岩浆活动强烈、断裂构造发育,具备成矿的地质背景。(2)土壤地球化学异常值高,浓集中心明显,各元素套合性好,是直接的找矿标志。低阻高极化的激电中梯异常是间接找矿标志。(3)硅化、黄铁矿化和赭红色褐铁矿化是寻找金钼矿化的标志。

下一步的找矿方向在以下几方面加以注意:(1)根据金钼矿化的赋存空间位置的不同,在花岗岩斑岩体内部寻找与构造有关的金矿化体。在岩体的外接触带,重点围绕 I、II 号含矿带开展钼矿化体的找矿工作。(2)从花岗岩斑岩的侧伏方向可以推断其与花岗闪长岩体具有成因联系,注意对其含矿性的研究。(3)除继续对 Ap1 组合异常开展工作外,应对 AP2、AP3 组合异常开展地表评价工作。

[References]

- Chang Zhimin, Li Yongcai. 1995. Comprehensive geophysical and geochemical exploration model of Dongping - Hougou gold deposit[J]. *Geology and Prospecting*, 31(4): 40 - 46 (in Chinese).
- Chen Shizhong, Huang Zhengqing, Zhu Xiaoting, Chen Gang, Ma Ming. 2013. Magmatism and ore - forming background of the main deposits in Taoxi circular structure along the Wuyishan ore belt[J]. *Geology in China*, 40(5): 1569 - 1582 (in Chinese with English abstract).
- Diao Lipin, Han Runsheng, Fang Weixuan. 2010. Application of soil geochemical survey in the Puqing antimony - gold exploration area deposit and prospecting effect[J]. *Geology and Exploration*, 46(1): 120 - 127 (in Chinese with English abstract).
- He Chengzhong. 2015. The characteristics of metallogenic fluid and depths of Yaojiagou porphyry - Mo deposit in Qingchengzi town, Liaoning Province[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing): 18 - 25 (in Chinese with English abstract).
- Li Bile, Chen Guangjun, Song Zongwei. 2004. Discussion on minerogenetic epoch of the gold deposit in Jiapigou of Jilin Province[J]. *Global Geology*, 23(4): 354 - 359 (in Chinese with English abstract).
- Li Liang. 2016. Research on ore - forming fluids of gold deposits in Jiapigou - Haigou gold belt, Jilin Province and deep - seated metallogenic assessment[D]. Changchun: Jilin University: 65 - 74 (in Chinese with English abstract).
- Li Shaozhong. 2002. The geology - geochemistry prospecting model and prediction in Dongping gold deposit[J]. *Geology and Prospecting*, 38(1): 27 - 30 (in Chinese).
- Li Wei, Wang Xihua. 2010. Analysis on the geologic and ore - controlling condition of gold deposits in Hunnan area of Fushun[J]. *Mineral Resources and Geology*, 24(4): 314 - 317 (in Chinese with English abstract).
- Li Xiangcai, Zhang Zhiwei, Ao Yingfeng, Jiang Zhenhe, Fu Qing, Song Xiaojun, Yuan Guoping, Xuan Li, Zhang Dianhua, Guan Chengjun, Wang Haifu, Ma Jiande. 2009. The application and significance of the induced - polarization method in exploration of the Baizhangzi gold deposit in Liaoning[J]. *Geology and Exploration*, 45(2): 74 - 79 (in Chinese with English abstract).
- Lu Jun, Wang Jianmin, Wang Hongbo, Yu Rongwen, Zhang Dapeng. 2005. The application of soil survey to the Sandaowanzi gold deposit[J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 29(6): 515 - 518 (in Chinese with English abstract).
- Luo Zhenkuan, Guan Kang, Miao Laicheng. 2002. Dating of the dykes and altered sericite in Jiapigou gold ore belt Jilin Province and its gold ore formation age[J]. *Modern Geology*, 16(1): 19 - 25 (in Chinese with English abstract).
- Shi Jianmin, Shi Shaoshan, Jiang Shan, Wang Yuli, Shi Zhe. 2016. Correlation analysis of circular structures and geochemical anomaly and the significance in ore searching[J]. *Geology and Resources*, 25(2): 181 - 185 (in Chinese with English abstract).
- Sun Renbin, Chu Lixia, Zhao Yijun, Wang Ning, Liu Qiang. 2017. Application of the time - domain induced polarization method to a Zn - W polymetallic deposit in Xianghuang Banner, Inner Mongolia[J]. *Geology and Exploration*, 53(3): 519 - 527 (in Chinese with English abstract).
- Wang Qiuyin, Chen Huasheng. 2011. The effect of geochemical exploration and the discovery of gold and molybdenum polymetallic ore deposits in Songshan District of Chifeng City, Inner Mongolia[J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 35(2): 176 - 182, 187 (in Chinese with English abstract).
- Wang Shengxi, Su Yongdong, Zhao Yongli, Liu Baohua, Kang Baolin. 2008. Discussion on the metallogenic condition and ore - hunting criteria of gold in the Fushun area, Liaoning Province[J]. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 28(1): 39 - 47 (in Chinese with English abstract).
- Wang Xiangwen, Jiang Baifang. 2005. Gold deposit ore forming regularities and suggestion for prospecting in Fushun[J]. *Mineral Resources and Geology*, 19(5): 512 - 516 (in Chinese with English abstract).
- Xu Zhigang, Chen Yuchuan, Wang Denghong, Chen Zhenghui, Li Houmin. 2008. The scheme of the classification of the minerogenetic units in China[M]. Beijing: Geological Publishing House: 1 - 10 (in Chinese).
- Yang Zhanxing. 2006. Metallogenic series and metallogenic belts in Liaoning Province[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing): 62 - 67 (in Chinese).
- Yu Fengjin, Wang Ende. 2005. Geology and genesis of Wang Jia Da Gou gold deposit in Qingyuan County, Liaoning Province[J]. *Geology and Resources*, 14(3): 204 - 207 (in Chinese with English abstract).
- Yu Sheng, Meng Zhen, You Guanjin, Bai Chongwei, Wang Xiaochun, Liu Zaiming. 2016. Application of integrated geophysical and geochemical methods to prospecting of the Xikougou molybdenum deposit[J]. *Geology and Exploration*, 52(5): 838 - 845 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Lishi. 2013. Study on geological characteristics and genesis of Xiadapu gold deposit, Qingyuan County, Liaoning Province[D]. Changchun: Jilin University: 26 - 32 (in Chinese).
- Zhang Shanming, Feng Gang, Zhang Jian, Zhang Enzai, Liu Yafeng, Liu

- Hongwei. 2011. Principle and methods to search for ore bodies at depth using soil geochemistry [J]. *Geology and Exploration*, 47(06):1114-1123 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Yongli, Jin Yi, Liu Baohua, Wang Yonghe, Zhao Wantian. 2010. Metallogenesis and prospecting of the Archean metamorphic supracrustal rocks in Fushun region, Liaoning Province [J]. *Geology and Resources*, 19(1):36-41 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Yongli, Wang Shengxi, Wang Yonghe, Jin Yi, Zhao Wantian, Zhang Haitao. 2010. Au and Mo geochemical anomaly characteristics and prospecting potential of Fushun Qipanshan [J]. *Silicon Valley*, (06):109-110, 78 (in Chinese).
- Zhou Lingli, Zeng Qingdong, Liu Jianming, Zhang Zuolun, Duan Xiaoxia, Chen Wenwen, Li Yanchun, Wei Jinjiang. 2010. Mineralization stages and joint distribution regularity of Daheishan porphyry molybdenum deposit in Jilin Province [J]. *Geology and Exploration*, 46(3):448-454 (in Chinese with English abstract).
- [附中文参考文献]
- 常志民, 李永才. 1995. 东坪-后沟式金矿物化探综合找矿模型 [J]. *地质与勘探*, 31(4):40-46.
- 陈世忠, 黄正清, 朱筱婷, 陈刚, 马明. 2013. 武夷山成矿带桃溪环形构造区典型矿床成矿背景 [J]. *中国地质*, 40(5):1569-1582.
- 刁理品, 韩润生, 方维萱. 2010. 沟系土壤地球化学测量在贵州普晴锦金矿勘查区应用与找矿效果 [J]. *地质与勘探*, 46(1):120-127.
- 和成忠. 2015. 辽宁青城子姚家沟钼矿流体特征及成矿深度估算 [D]. 北京:中国地质大学(北京):18-25.
- 李碧乐, 陈广俊, 宋宗维. 2004. 论吉林夹皮沟金矿成矿时代 [J]. *世界地质*, 23(4):354-359.
- 李亮. 2016. 吉林省夹皮沟-海沟金成矿带金矿床成矿流体特征与深部成矿潜力评价 [D]. 长春:吉林大学:65-74.
- 李少众. 2002. 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*, 38(1):27-30.
- 李伟, 王锡华. 2010. 抚顺浑南地区金矿控矿地质条件分析 [J]. *矿产与地质*, 24(4):314-317.
- 李祥才, 张志伟, 敖颖锋, 蒋振和, 付庆, 宋晓军, 袁国平, 玄力, 张殿华, 关成军, 王海富, 马建德. 2009. 激电法在辽宁柏杖子金矿勘查中的作用及意义 [J]. *地质与勘探*, 45(2):74-79.
- 罗镇宽, 关康, 苗来成. 2002. 吉林夹皮沟金矿带岩脉和蚀变绢云母定年及金矿成矿时代 [J]. *现代地质*, 16(1):19-25.
- 时建民, 石绍山, 江山, 王宇利, 时哲. 2016. 环形构造与地球化学异常相关性分析及其找矿意义 [J]. *地质与资源*, 25(2):181-185.
- 孙仁斌, 楚丽霞, 赵绎钧, 王宁, 刘强. 2017. 时间域激发极化法在内蒙古镶黄旗某铀钍多金属矿的应用 [J]. *地质与勘探*, 53(3):519-527.
- 王秋印, 程华生. 2011. 内蒙古赤峰市松山区化探效果及金钼多金属矿床的发现 [J]. *物探与化探*, 35(2):176-182, 187.
- 王声喜, 苏永东, 赵永利, 刘宝华, 康宝林. 2008. 辽宁抚顺地区金矿成矿地质条件及找矿方向探讨 [J]. *矿物岩石*, 28(1):39-47.
- 王相文, 蒋柏芳. 抚顺地区金矿成矿规律及找矿设想 [J]. *矿产与地质*, 19(5):512-516.
- 徐志刚, 陈毓川, 王登红, 陈郑辉, 李厚民. 2008. 中国成矿区带划分方案 [M]. 北京:地质出版社:1-10.
- 杨占兴. 2006. 辽宁省成矿系列与成矿区带研究 [D]. 北京:中国地质大学(北京):62-67.
- 于凤金, 王恩德. 2005. 辽宁清原王家大沟金矿床地质特征与成因探讨 [J]. *地质与资源*, 14(3):204-207.
- 俞胜, 蒙轲, 尤关进, 柏崇伟, 王小春, 刘在铭. 2016. 物化探综合找矿方法在西口沟钼矿勘查中的应用 [J]. *地质与勘探*, 52(5):838-845.
- 张立仕. 2013. 辽宁省清原县下大堡金矿床地质特征及成因探讨 [D]. 长春:吉林大学:26-32.
- 张善明, 冯罡, 张建, 张恩在, 刘雅峰, 刘洪卫. 2011. 运用土壤地球化学寻找深部矿体的原理及方法 [J]. *地质与勘探*, 47(6):1114-1123.
- 赵永利, 金毅, 刘宝华, 王永和, 赵万田. 2010. 辽宁抚顺地区太古宙变质上壳岩成矿特征及找矿方向 [J]. *地质与资源*, 19(1):36-41.
- 赵永利, 王声喜, 王永和, 金毅, 赵万田, 张海涛. 2010. 抚顺棋盘山金钼化探异常特征及找矿潜力 [J]. *硅谷*, (6):109-110, 78.
- 周伶俐, 曾庆栋, 刘建明, 张作伦, 段晓侠, 陈文文, 李延春, 魏金江. 2010. 吉林大黑山斑岩型钼矿床成矿阶段及含矿裂隙分布规律 [J]. *地质与勘探*, 46(3):448-454.

Geophysical and Geochemical Characteristics and Prospecting Direction of the Qipanshan Mining Area in Fushun, Liaoning Province

WU Zhiguo

(The Tenth Geological Team of Liaoning Province, Fushun, Liaoning 113000)

Abstract: This paper describes the features of geology, geophysics, geochemistry and mineralized bodies in the Qipanshan mining area, Fushun, Liaoning Province. It is pointed out that the granite porphyry body in this area has good zoning, low resistance and high polarization, consistent with soil geochemical anomalies. The spatial distribution of Au and Mo mineralized bodies, the zoning of primary halos, and the relationship between mineralized bodies and alterations are analyzed. It is noted that the Au mineralized bodies mostly occur in fault zones inside rock mass, closely related with silicification, limonite mineralization and luteal mineralization. While the Mo mineralized bodies appear in the outer contact zones of the rock mass, closely associated with silicification. The primary haloes exhibit a zoning characteristic of Pb-Ag-Zn-Au-Mo-Cu in the axial direction. From geology, geophysical and geochemical anomalies and alterations in the mining area, possible indicators for ore search are summarized. It is suggested that the anomaly sections of geochemical exploration and the contact zones of rock mass should be the key directions of prospecting in the future.

Key words: geophysical and geochemical characteristics, prospecting direction, Qipanshan mining area, Fushun, Liaoning