



辽宁省北二十家子铜金矿地质特征与成矿预测

郭晓丹, 彭 虎, 王林世, 郭亚波, 张 松, 李韦雅

辽宁省地矿集团 能源地质有限责任公司, 辽宁 沈阳 110013

摘 要: 辽宁北二十家子铜金矿位于华北地台北缘的朝阳-赤峰金矿成矿带, 区内多个蚀变岩型铜金矿(化)点受北西向、北东向断裂构造控制。土壤地球化学测量共圈定 3 类异常, 其中 I 类异常 4 处, II 类异常 8 处, III 类异常 16 处。在化探异常显示良好的区域进行了物探工作, 其中物探高电阻率区域与化探 I 类异常区重合, 物探激电中梯和激电测深共圈定 3 个异常区、4 个深部靶区。综合研究区内地质特征、地球物理特征及地球化学特征, 认为硅化、黄铁矿化、黄铜矿化等热液蚀变矿物组合发育是重要的岩石矿物学找矿标志; 古元古界宝音图群和花岗岩片麻岩的接触部位, 北西向、北东向构造蚀变破碎带, 硫化物含量较高的区域是重要的找矿靶区。

关键词: 铜金矿床; 蚀变; 土壤地球化学; 激电中梯; 激电测深; 辽宁省

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND METALLOGENIC PREDICTION OF BEIERSHIJIAZI COPPER-GOLD DEPOSIT IN LIAONING PROVINCE

GUO Xiao-dan, PENG Hu, WANG Lin-shi, GUO Ya-bo, ZHANG Song, LI Wei-ya

Liaoning Province Geology and Minerals Group Energy Geology Co., Ltd., Shenyang 110013, China

Abstract: The Beiershijiazi Cu-Au deposit in Liaoning Province is located in Chaoyang-Chifeng gold metallogenic belt on the northern margin of North China Platform, where quite a few Cu-Au ore/mineralized occurrences of altered rock type are controlled by NW- and NE-trending faults. Three types of soil geochemical anomalies were delineated by soil geochemical survey, including 4 of I-type, 8 of II-type and 16 of III-type. Geophysical exploration is carried out in the areas with well geochemical anomalies, among which the high resistivity area of geophysical exploration coincides with the I-type anomaly area of geochemical exploration, and 3 anomaly areas and 4 deep targets are delineated by IP intermediate gradient and IP sounding. Based on the geological, geophysical and geochemical characteristics of the area, it is considered that the development of hydrothermal alteration mineral assemblages such as silicification, pyritization and chalcopyritization are key prospecting indicators of petromineralogy. The contact zone of Paleoproterozoic Baoyintu Group strata and granitic gneiss, NW- and NE-trending tectono-altered fracture zones, and high-sulfide areas are important prospecting targets.

Key words: copper-gold deposit; alteration; pedogeochemistry; IP intermediate gradient; IP sounding; Liaoning Province

收稿日期:2020-08-20;修回日期:2020-12-08. 编辑:李兰英.

基金项目:辽宁省地质勘查基金项目“辽宁省建平县上朝阳沟铜矿普查”(辽国土资项[2017]33号).

作者简介:郭晓丹(1987—),女,硕士,工程师,主要从事区域地质调查与研究工作,通信地址 辽宁省沈阳市沈河区青年北大街7号, E-mail//95292313@qq.com

通信作者:彭虎(1988—),男,硕士,工程师,主要从事区域地质及矿产勘查工作,通信地址 辽宁省沈阳市沈河区青年北大街7号, E-mail//184444802@qq.com

0 引言

辽宁北二十家子铜金矿位于辽西建平县西北部,处在重要的朝阳-赤峰金矿成矿带之上.区内金矿发育,类型多样,以热液型和蚀变岩型为主^[1-10].前人在该区 1:5 万地质填图工作中发现多个铜金矿(化)点.本研究在区内 1:1 万地质简测及 1:1 万土壤地球化学测量工作的基础上,对研究区东北部化探 I 类异常区域开展了激电中梯及测深工作,土壤地球化学异常区与物探异常区重合部位进行槽探工程揭露,发现了多处 Cu、Au 矿化.激电中梯及激电测深显示地表物化探异常区域深部构造发育,找矿前景良好.

1 矿区地质特征

研究区大地构造位置处于华北地台北缘,其北紧

邻兴蒙造山带.区域上出露的地层主要有古元古界宝音图群,中生界白垩系孙家湾组及新生界第四系.宝音图群分布广泛,岩性为大理岩、片麻岩、浅粒岩及各类片岩组合;孙家湾组主要分布在研究区东北角,角度不整合于宝音图群及花岗质片麻岩之上,岩性主要为复成分砾岩.区内构造发育,以断裂构造为主,走向主要为北东向、近南北向和北西向.岩浆活动较强,主要为燕山期酸性岩岩株和岩脉.脉岩以花岗斑岩、闪长岩和斜长花岗岩为主(图 1).区内铜金矿(化)点较多,主要沿构造蚀变带分布^[11-15].

2 地球化学特征

土壤地球化学一直是铜金矿重要找矿手段^[16-19].通过土壤测量工作,在矿区内共圈定 3 类土壤地球化

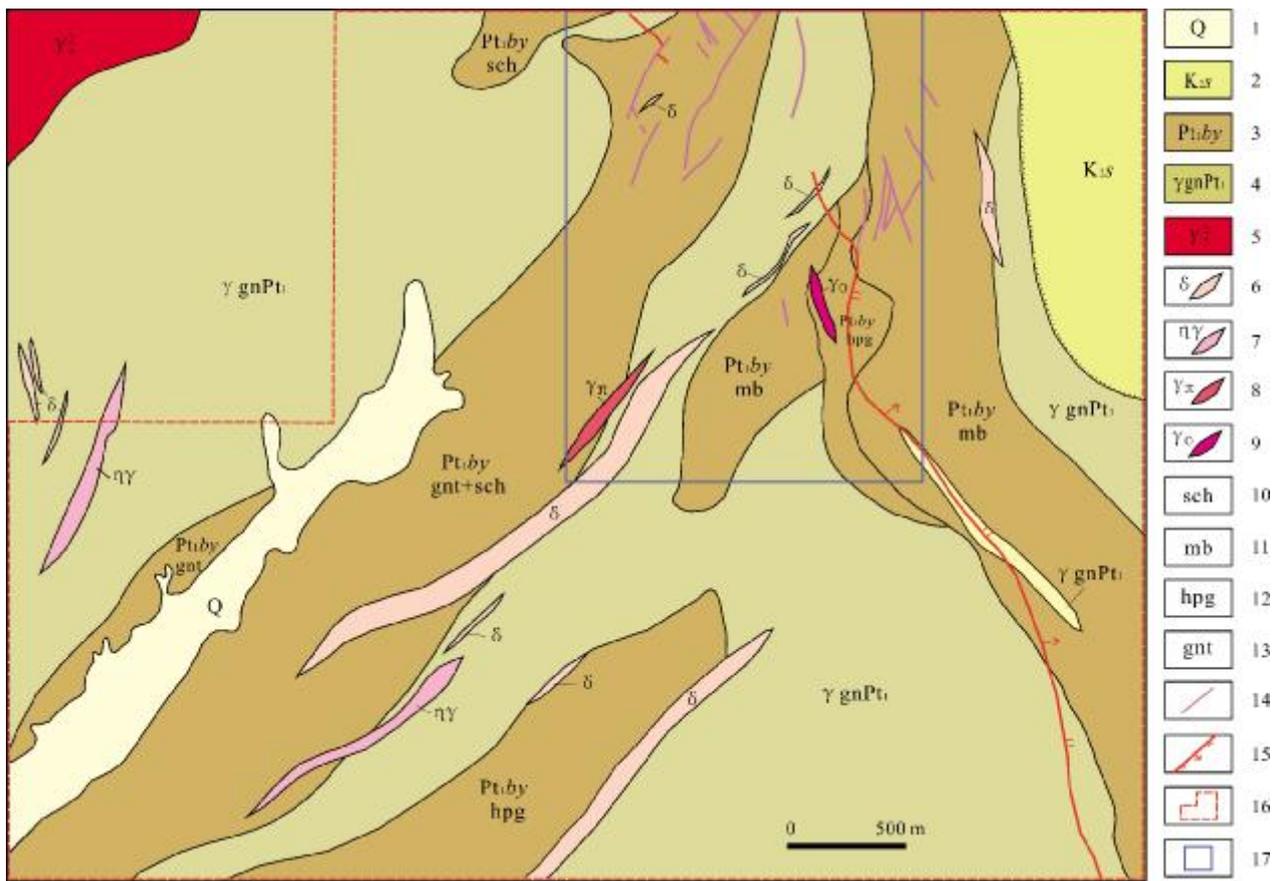


图 1 研究区区域地质图

Fig. 1 Regional geological map of the study area

1—第四系(Quaternary); 2—上白垩统孙家湾组(Upper Cretaceous Sunjiawan fm.); 3—古元古界宝音图岩群(Paleoproterozoic Baoyintu gr.); 4—花岗质片麻岩(granitic gneiss); 5—黑云母二长花岗岩(biotite monzogranite); 6—闪长岩脉(diorite dike); 7—二长花岗岩脉(monzogranite dike); 8—花岗斑岩脉(granite porphyry dike); 9—斜长花岗岩脉(plagiogranite dike); 10—片岩(schist); 11—大理岩(marble); 12—角闪斜长片麻岩(hornblende plagiogneiss); 13—变粒岩(granulite); 14—硅化蚀变带(silicified alteration zone); 15—正断层(normal fault); 16—化探工作区(geochemical exploration area); 17—物探工作区(geophysical exploration area)

学综合异常,其中 I 类异常 4 处, II 类异常 8 处, III 类异常 16 处(图 2、表 1)。其中 I 类异常为物探工作靶区,本文作详细分析。

2.1 I-1 号异常区

分布在研究区北部边缘,呈不规则形状展布,异常区长约 800 m,异常面积 0.098 km²。异常元素组合主要为 Zn-Pb-Mo-Au-Ag,其中以 Zn、Pb 异常为主,局部叠加 Mo、Au 异常和低缓 Ag 异常,主要集中在北西向构造断裂带的东南延伸方向和东北向硅化带上。Zn 异常值一般为 60×10⁻⁶~80×10⁻⁶,最高值 97×10⁻⁶; Pb 异常值一般为 20×10⁻⁶~25×10⁻⁶,最高值 41×10⁻⁶; Mo 属中浓度异常,主要在异常区北中部和南部,异常值一般为 0.8×10⁻⁶,最高值 2.4×10⁻⁶; Au 异常主要在异常区东部

和北部,异常值一般为 1.2×10⁻⁹,最高值 2.5×10⁻⁹; Ag 异常属低浓度异常,主要在异常区中部,异常值一般为 0.1×10⁻⁶。该异常受北西向断裂构造带和东北向硅化带控制明显,具有较好的成矿指示作用及成矿前景。

2.2 I-2 号异常区

分布于工作区的东北部,呈北东向带状展布。异常带长约 1.3 km,向北未封闭,宽约 300~600 m,面积约 0.407 km²。异常元素组合主要为 Zn-Pb-Cu-Au-Mo-As-Ag,其中 Zn、Pb、Cu 异常强度较高,局部叠加 Mo、Au 异常和低缓 As、Ag 异常。异常区集中在宝音图岩群和花岗质片麻岩接触带周围,近南北向正断层和北东向分布的闪长岩脉附近。Zn 异常值一般为 60×10⁻⁶~80×10⁻⁶,最高值 145×10⁻⁶; Pb 异常值一般为 20×10⁻⁶~

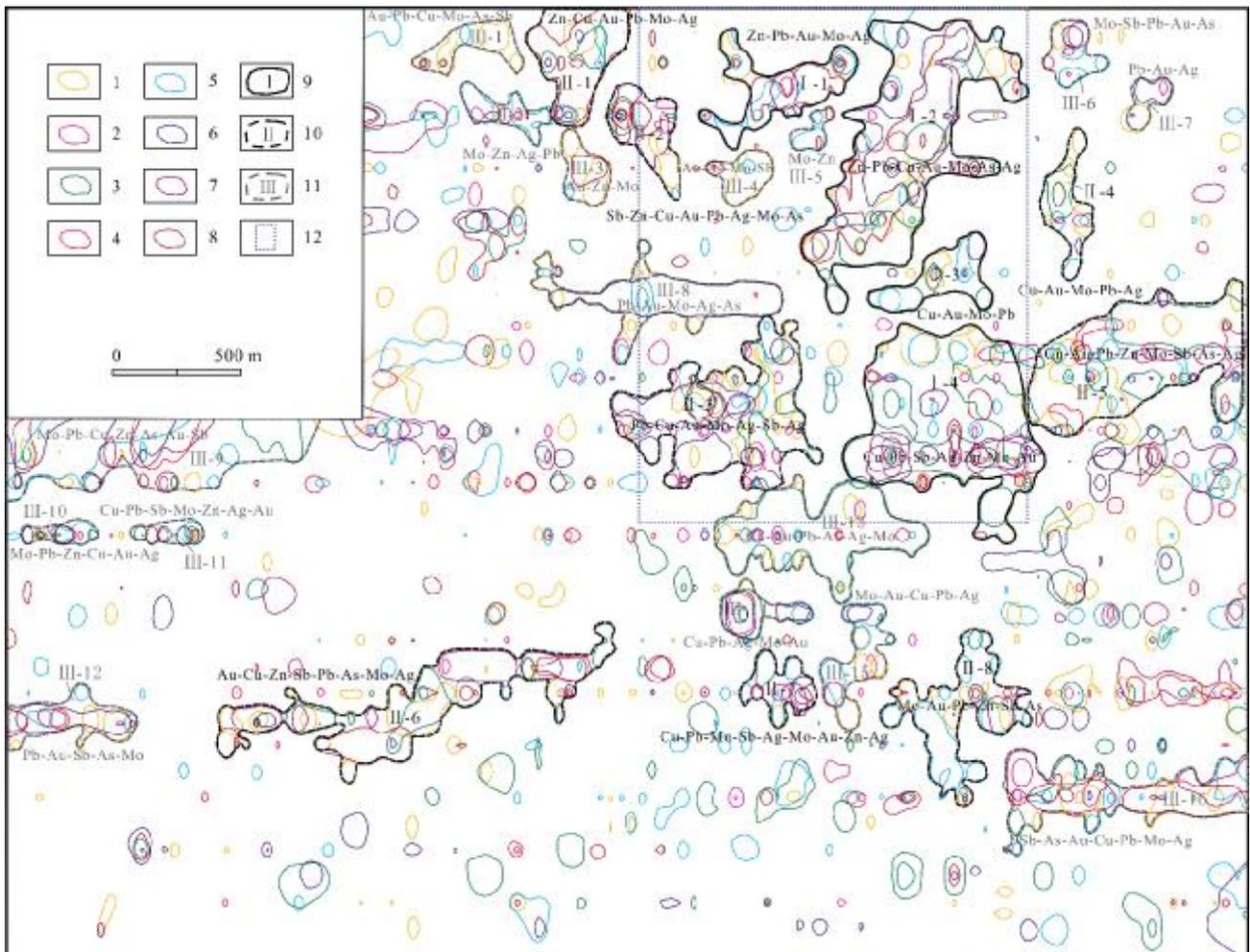


图 2 研究区土壤地球化学综合异常图

Fig. 2 Comprehensive anomaly map of soil geochemistry in the study area

1— Au>1.2×10⁻⁹; 2— Ag>0.1×10⁻⁶; 3— Cu>20×10⁻⁶; 4— As>11×10⁻⁶; 5— Mo>0.8×10⁻⁶; 6— Pb>25×10⁻⁶; 7— Sb>0.8×10⁻⁶; 8— Zn>60×10⁻⁶; 9— I 类异常区(I-type anomaly); 10— II 类异常区(II-type anomaly); 11— III 类异常区(III-type anomaly); 12—物探工作区(geophysical exploration area)

表 1 化探综合异常一览表

Table 1 List of comprehensive geochemical anomalies

异常编号	异常面积/km ²	元素组合	地质因素
I-1	0.098	Zn-Pb-Mo-Au-Ag	片麻岩、变粒岩、板岩
I-2	0.407	Zn-Pb-Cu-Au-Mo-As-Ag	花岗质片麻岩
I-3	0.068	Cu-Au-Mo-Pb	片麻岩、变粒岩、板岩
I-4	0.395	Cu-Pb-Sb-Ag-Zn-Mo-Au	片麻岩、变粒岩、板岩
II-1	0.116	Zn-Cu-Au-Pb-Mo-Ag	花岗质片麻岩、变粒岩
II-2	0.068	Sb-Zn-Cu-Au-Pb-Ag-Mo-As	花岗质片麻岩、变粒岩
II-3	0.287	Pb-Cu-Au-Mo-Ag-Sb-As	片麻岩、闪长岩、花岗斑岩
II-4	0.057	Cu-Au-Mo-Pb-Ag	片麻岩、变粒岩、闪长岩
II-5	0.316	Cu-Au-Pb-Zn-Mo-Sb-As-Ag	片麻岩、变粒岩、复成分砾岩
II-6	0.255	Au-Cu-Zn-Sb-Pb-As-Mo-Ag	片麻岩、变粒岩、花岗斑岩
II-7	0.048	Cu-Pb-Mo-Sb-Ag-Au-Zn	片麻岩、变粒岩、花岗斑岩
II-8	0.144	Mo-Au-Pb-Zn-Sb-As	花岗质片麻岩
III-1	0.044	Au-Pb-Cu-Mo-As-Sb	花岗质片麻岩、变粒岩
III-2	0.034	Mo-Zn-Ag-Pb	花岗质片麻岩、变粒岩
III-3	0.037	Au-Zn-Mo	花岗质片麻岩
III-4	0.034	Au-As-Mo-Sb	片麻岩、变粒岩
III-5	0.015	Mo-Zn	花岗质片麻岩、变粒岩
III-6	0.039	Mo-Sb-Pb-Au-As	花岗质片麻岩、变粒岩
III-7	0.021	Pb-Au-Ag	复成分砾岩
III-8	0.135	Pb-Au-Mo-Ag-As	花岗质片麻岩、变粒岩
III-9	0.099	Mo-Pb-Cu-Zn-As-Au-Sb	花岗质片麻岩、二长花岗岩
III-10	0.02	Mo-Pb-Zn-Cu-Au-Ag	花岗质片麻岩、二长花岗岩
III-11	0.02	Cu-Pb-Sb-Mo-Zn-Ag-Au	花岗质片麻岩
III-12	0.063	Pb-Au-Sb-As-Mo	花岗质片麻岩、变粒岩
III-13	0.20	Cu-Au-Pb-As-Ag-Mo	花岗质片麻岩、变粒岩
III-14	0.041	Cu-Pb-Ag-Mo-Au	花岗质片麻岩
III-15	0.064	Mo-Au-Cu-Pb-Ag	花岗质片麻岩、闪长岩
III-16	0.173	Sb-As-Au-Cu-Pb-Mo-Ag	花岗质片麻岩、变粒岩

30×10⁻⁶, 最高值 66×10⁻⁶; Cu 异常值一般为 20×10⁻⁶~30×10⁻⁶, 最高值 73×10⁻⁶; Au 异常属低浓度异常, 主要在宝音图岩群和花岗岩质片麻岩接触带附近, 异常值一般为 1.2×10⁻⁹, 最高值 3.2×10⁻⁹; Mo 属低浓度异常, 主要在异常区北部和南部, 异常值一般为 0.8×10⁻⁶, 最高值 2.2×10⁻⁶; As 异常属低浓度异常, 主要在异常区中部, 异常值一般为 11×10⁻⁶. 异常区处于宝音图岩群

和花岗质片麻岩接触带附近, 同时异常区内有近南北向正断层(F2)和北东向分布的闪长岩脉, 具有较好的成矿环境.

2.3 I-3 号异常区

分布于研究区的北东部, 异常区呈不规则状展布. 异常区规模较小, 面积约 0.068 km². 元素组合主要为 Cu-Au-Mo-Pb, 其中 Cu、Mo 元素异常分布范围最大, 为中异常强度, 浓集中心较明显. Cu 异常值一般为 20×10⁻⁶, 最高值 32×10⁻⁶; Au 异常值一般为 1.2×10⁻⁹, 最高值 4.5×10⁻⁹; Mo、Pb 异常分布在近南北向正断层面上, 属低浓度异常, 受断层控制明显, Mo 异常值一般为 0.8×10⁻⁶; Pb 异常值一般为 20×10⁻⁶~25×10⁻⁶, 最高值 40×10⁻⁶. 该异常受近南北向正断层(F2)和西侧近南北向斜长花岗岩脉控制明显, 异常区内有硅化、褐铁矿化现象.

2.4 I-4 号异常区

分布于研究区的中东部, 呈近椭圆状展布, 异常面积约 0.395 km². 元素组合主要为 Cu-Pb-Sb-Ag-Zn-Mo-Au, 其中 Cu、Pb 元素异常分布范围最大, 为中异常强度, 浓集中心较明显. Cu 异常值一般为 20×10⁻⁶~30×10⁻⁶, 最高值 154×10⁻⁶; Pb 异常值一般为 20×10⁻⁶, 最高值 29×10⁻⁶. Sb、Ag、Zn 异常分布在近南北向正断层面上, 属低浓度异常, 受断层控制明显. Sb 异常值一般为 0.8×10⁻⁶, 最高值 15×10⁻⁶; Ag 异常值一般为 0.1×10⁻⁶; Zn 异常值一般为 60×10⁻⁶, 最高值 132×10⁻⁶. Mo、Au 异常属低浓度异常, 主要在异常区北部南北向正断层和近南北向斜长花岗岩附近. Mo 异常值一般为 0.8×10⁻⁶; Au 异常值一般为 1.2×10⁻⁹, 最高值 2.4×10⁻⁹. 该异常受 F2 断层构造控制明显, 异常区内有硅化、褐铁矿化现象, 对深部成矿作用有一定的指示作用.

3 地球物理特征

激电中梯及测深在铜金矿找矿中应用广泛^[20-21]. 研究区不同岩石电性参数见表 2. 在土壤地球化学显示效果良好的区域进行了激电中梯工作(图 2、3), 对圈定的极化率异常进行了激电测深测量, 在物探工作区的深部发现了北东向至近南北向高电阻率异常.

3.1 激电中梯

根据区内激电中梯视电阻率和视极化率分布特征, 共圈定了 3 个激电异常区(图 3).

表2 研究区岩石电参数统计表

Table 2 Electrical parameters of different rocks in the study area

岩性	电阻率 $\rho_s/\Omega\text{m}$	极化率 $\eta_s/\%$
变粒岩、片岩	800~1200	0.50~1.40
大理岩	200~600	0.50~1.00
花岗质片麻岩	200~1000	4.00~8.00
大理岩中硅化蚀变岩	1800~2300	1.80~2.30
片岩变粒岩中硅化蚀变岩	1500~2000	1.00~1.40

I号异常区:分布在研究区西北部,异常区长度超过500 m,北部延伸到区外未见封闭,异常区宽度约600 m.异常表现为高阻中极化,电阻率和极化率异常互相重叠,吻合较好.异常区内包含2条高阻异常带,呈北北东向平行展布,推测与硅化蚀变带有关.其中东部高阻异常带被切割破坏,形成错断,推测由北西向构造引起.

II号异常区:分布在研究区东部,整体呈低阻低极化异常,结合地质资料推断其主要为大理岩的物性反映,其中存在2条北北西向高阻异常带,推测为硅化蚀变带引起,中间被北西向构造错断,形成低阻异常带,

推测为构造交叉致使岩石破碎充水所致.异常区中部地表出露多条石英脉,近南北向展布,并且发现一条含铜蚀变带.

III号异常区:分布在研究区的西部,宽度约300 m,长度约200 m,整体呈中高阻中等极化异常,与含金矿化体的异常特征相似.异常区内有近东西向构造从北部通过,形成块状异常.

3.2 激电测深

根据地表地质以及蚀变矿化特征,由于I、II号物探异常区存在4个高阻异常条带与硅化蚀变带吻合较好,因此在中梯面积测量的I、II号异常区内选择了2个成矿有利地段进行了激电测深剖面测量,分别针对北东向和近南北向的硅化蚀变带的深部含矿性进行预测,结果显示高电阻率在深部也显示良好.

(1) I号激电测深剖面异常靶区

如图4a、5a所示,I号剖面视电阻率在整体剖面呈现西高东低的趋势,1~4号测点地表呈现中低阻低极化异常,深度为20~40 m,视电阻率为800~1200 Ωm ,极化率为1%~1.4%,推测为变粒岩、片岩引起.4~6号测点电阻率值较高,视电阻率值为1500~2900 Ωm ,视极化率在此区域呈现中低极化特征,视极化率值为

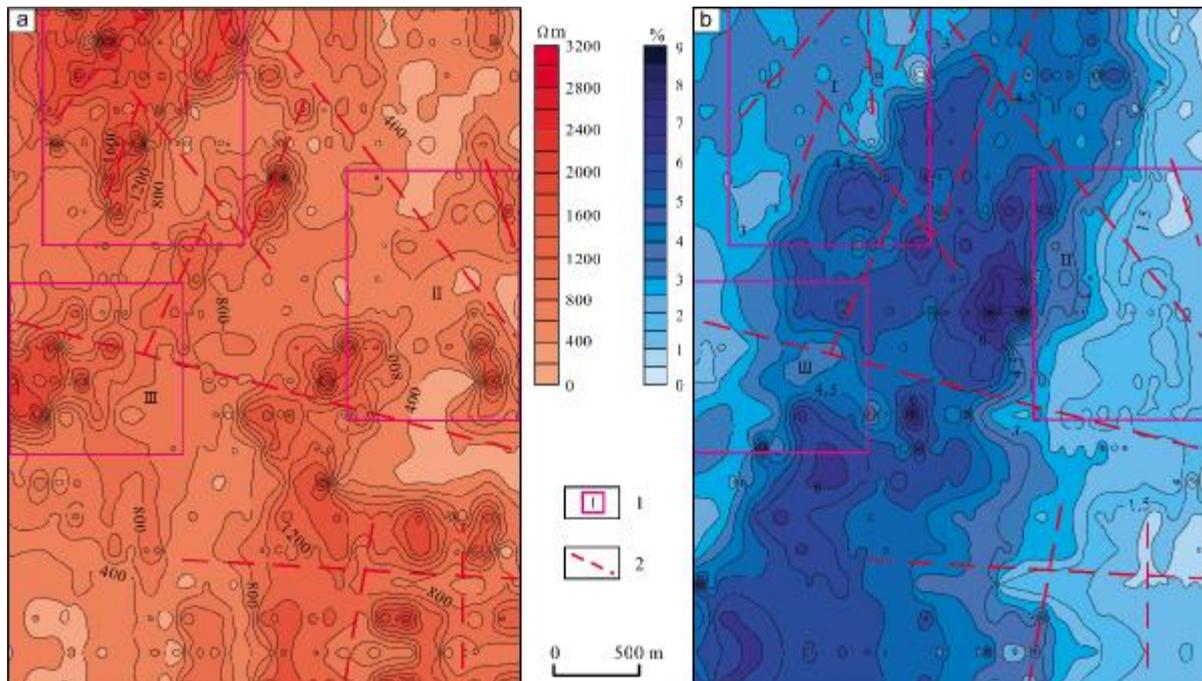


图3 激电中梯异常等值线平面图

Fig. 3 Anomaly contour map by IP intermediate gradient

a—视电阻率(apparent resistivity); b—视极化率(apparent polarizability); 1—推测靶区及编号(inferred target and number); 2—推测构造(inferred structure)

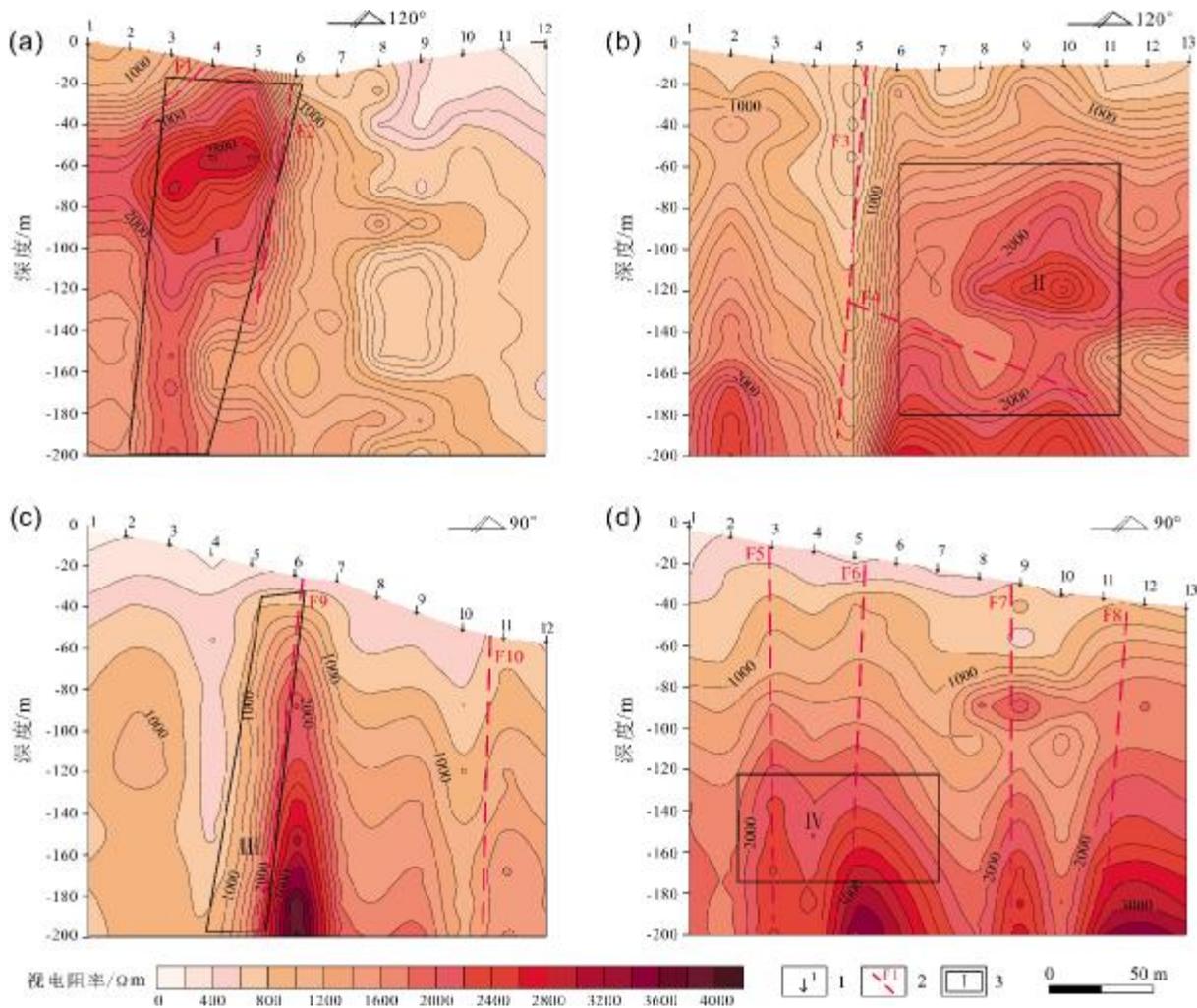


图 4 激电测深视电阻率剖面图

Fig. 4 Profile of apparent resistivity by IP sounding

1—剖面点位及编号(section point and number); 2—推测断层及编号(inferred fault and number); 3—推测成矿有利靶区(inferred favorable area for mineralization)

1.2%~2.2%。属于高阻低极化特征,异常宽度 80 m 左右,形态向北西方向近直立向下,推测为硅化蚀变带为主;东部地表 40 m 以上,呈现低阻低极化异常,视电阻率值为 200~1 000 Ωm,视极化率值为 1%~1.4%,推测岩性以片岩、变粒岩为主,深度 60 m 以下,极化率深部逐步增高,推测为花岗质片麻岩引起(表 2)。

结合地表地质情况及异常特征,划分出 2 条构造, F1 构造位于测点 4 号附近,倾向西,倾角约为 45°; F2 构造位于 6 号测点,倾向西,倾角较陡为 85°。综合推断 2 条构造附近,深度 40~120 m,点号 2~5 号之间,异常特征符合矿化体物性的区域,为成矿有利区域。

(2) II 号激电测深剖面异常靶区

如图 4b、5b 所示, II 号剖面浅部(深度 80 m 以

上)反映低阻低极化特征,根据异常特征及地质情况分析,由片岩、变粒岩物性所致。80 m 以下,6~13 号点深部出现高阻中低极化率异常,推测为深部构造形成硅化蚀变带,1~5 号点深部呈现中高阻中高极化率异常特征,推测为花岗质片麻岩物性所致(表 2)。

根据异常形态推断 II 号剖面 6~13 号测点,深度 80~180 m,构造条件对成矿有利,整体产状较缓,异常规模较大,异常特征与金矿化体异常特征相符,确定为 II 号靶区(如图 4)。

(3) III 号激电测深剖面异常靶区

如图 4c、5c 所示,6~12 号点的视极化率值在浅部出现低阻中高极化特征,异常值范围为 2.3%~3.4%,推测由于构造等影响,使深部地层或断层破碎带呈条

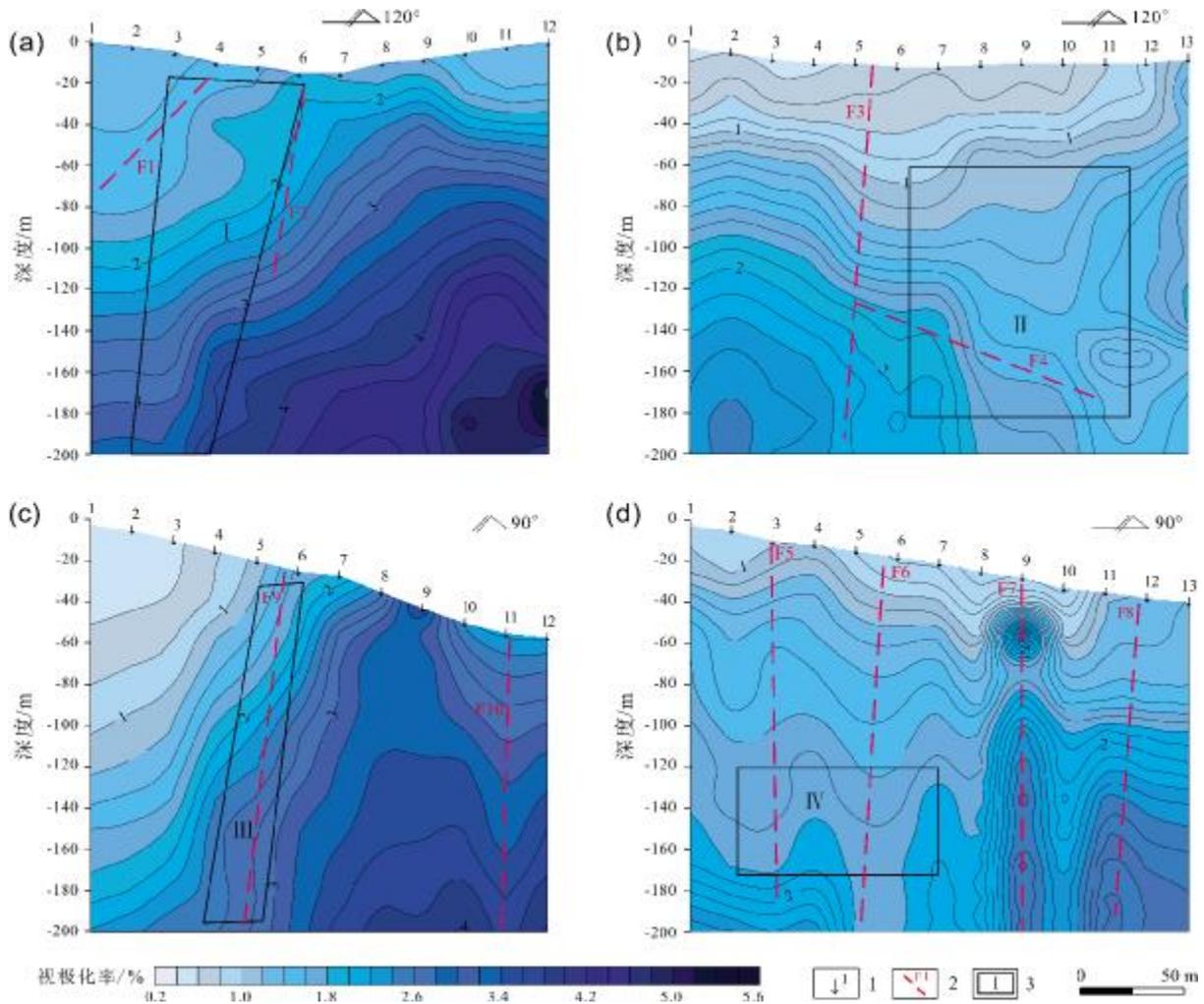


图 5 激电测深视极化率剖面图

Fig. 5 Profile of apparent polarizability by IP sounding

1—剖面点位及编号(section point and number); 2—推测断层及编号(inferred fault and number); 3—推测成矿有利靶区(inferred favorable area for mineralization)

带状出现在浅部. 根据地质情况分析, 于剖面 6 号点附近, 发现一条硅化蚀变带, 而其位置处于大理岩与黑云角闪片麻岩的接触部位. 6 号点深部为一条陡立高阻异常, 宽度近 40 m, 因此高阻中等极化率特征为矿化带的异常反映.

结合异常特征, 推断出断裂构造 F9 与 F10, 其中 F9 为倾向向西, 倾角约 85°; F10 倾向向西, 倾角约 87°. 推测成矿有利区域位于 5~7 号点深部, F9 构造为主要的控矿有利构造, F9 构造的西侧为重点研究区域.

(4) IV号激电测深剖面异常靶区

由图 4d、5d 所示, IV号剖面深度 0~80 m, 视电阻

率值为 0~800 Ωm, 视极化率值为 0.5%~1.2%, 体现为低阻低极化率, 地表异常与中梯测量结果相符, 为大理岩引起. 深度 80 m 以下, 出现物性变化, 呈中高阻中等极化特征, 并伴随有明显构造特征. 视电阻率范围为 1 800~3 600 Ωm, 峰值出现在深部, 且向下未封闭. 视极化率整体异常形态与电阻率相同, 伴随深度的增加, 极化率呈上升趋势, 视极化率值范围为 1.9%~2.9%.

根据异常形态推测出 4 条断裂构造, 分别为 F5、F6、F7、F8, 产状较陡. 根据异常特征分析, 1~8 号测点, 深度 120~180 m; 9~13 号测点, 深度 80~140 m, 反映的物性条件与金矿化体类似, 出现在浅部大理岩与

深部岩性接触带, 结合其构造发育, 具备成矿有利条件.

4 矿化体地质特征

4.1 矿化特征

区内共发现 5 条主要的硅化蚀变带, 亦有少量规模较小的蚀变带.

1 号硅化蚀变带: 出露于矿区北部的九间房西南一带, 位于中梯面积测量 I 号异常区内以及 I-1 号化探异常的北部, 受北西向构造控制. 围岩为云母片岩和花岗质片麻岩. 地表延长 250 m, 出露宽度 0.50~2.80 m, 走向北西, 倾向 215~245°, 倾角 66~80°, 由 TC6、BL2 工程控制. 硅化蚀变带被北东向构造错断, 断距 400 m. 岩石较破碎, 局部呈致密块状, 发育较强的硅化、黄铁矿化、褐铁矿化和高岭土化, 局部地段发育金矿化, 其中有 3 个刻槽样有金矿化显示, TC6-H5 样品的 Au 品位 0.63×10^{-6} , TC6-H6 样品的 Au 品位 0.96×10^{-6} , TC6-H7 样品的 Au 品位 1.18×10^{-6} .

2 号硅化蚀变带: 出露于矿区东北部的上朝阳沟西北一带, 位于中梯面积测量 II 号异常区内, 位于 I-1、I-2 号化探异常的中间区域, 受北东向构造控制. 围岩为角闪斜长片麻岩. 地表延长 60 m, 出露宽度 5.77 m, 走向北东, 倾向 310°, 倾角 85°, 由 TC3 探槽控制. 岩石较为破碎, 原岩为角闪斜长片麻岩, 发育较强的硅化、黄铁矿化、黄铜矿化、孔雀石化、褐铁矿化和高岭土化, 局部地段发育铜、金矿化, 其中 TC3-H7 样品的 Cu 品位 0.29%, Au 品位 0.47×10^{-6} .

3 号硅化蚀变带: 出露于工作区北部的蛤蟆沟东北山脊处, 位于中梯面积测量 I 号异常区内以及 I-1 号化探异常的西南部. 此处有民采旧坑, 因年久失修, 无法进入. 3 号硅化蚀变带受北西向构造控制, 围岩为云母片岩. 延长 60 m 左右, 宽度 0.05 m, 走向北东. 在民采旧坑外毛石堆拣块取样分析 Au 品位 8.55×10^{-6} , Ag 品位 2.25×10^{-6} . 岩石发育细脉状硅化, 硅化细脉两侧发育褐铁矿化.

4 号硅化蚀变带: 出露于矿区北部的九间房西南一带, 位于中梯面积测量 I 号异常区内以及 I-1 号化探异常的北部, 受北西向构造控制. 围岩为云母片岩. 地表延长 300 m, 出露宽度 0.80~1.00 m, 走向北西, 倾向 235~250°, 倾角 70°, 由 TC5 探槽和工作区外的民采旧

坑控制. 岩石较破碎, 局部呈致密块状, 发育较强的硅化、碳酸盐化、褐铁矿化和高岭土化, 局部地段发育金矿化, 其中有 1 个刻槽样有金矿化显示, TC5-H5 样品 Au 品位 0.53×10^{-6} .

5 号硅化蚀变带: 出露于矿区北部的九间房西南一带, 位于中梯面积测量 I 号异常区内以及 I-1 号化探异常的西部, 受北东向构造控制, 围岩为云母片岩. 地表延长 400 m, 出露宽度 0.20~1.40 m, 走向北东, 倾向 285~310°, 倾角 85°. 岩石较破碎, 局部呈致密块状, 发育较强的硅化、褐铁矿化和高岭土化, 局部地段发育金矿化, 其中有 1 个刻槽样有金矿化显示, TC7-H2 样品 Au 品位 0.56×10^{-6} .

4.2 围岩蚀变

古元古界宝音图群地层和花岗质片麻岩的接触部位多发生硅化蚀变. 蚀变带受断裂构造控制明显, 呈线状分布. 主要蚀变有硅化、黄铜矿化(图 6a、c)、方黄铜矿化(图 6c)、孔雀石化(图 6d)、黄铁矿化、褐铁矿化(图 6a、6d)、闪锌矿化(图 6b)、高岭土化、绿帘石化、绿泥石化、绢云母化和碳酸盐化. 与 Au、Ag 有关的蚀变为硅化、黄铁矿化和褐铁矿化^[22]; 与 Cu 有关的蚀变为硅化、黄铜矿化、孔雀石化和黄铁矿化.

5 成矿预测

研究区东北部土壤地球化学显示多处 Cu、Au I 类异常区, 激电中梯与测深也在该范围内发现多处物探异常区, 其中高电阻率是物探异常区的重要标志. 物化探异常区通过探槽揭露主要为古元古界宝音图群地层和花岗质片麻岩的接触部位, 目前在物化探异常重叠区域经探槽取样, 均发现了矿化显示. 矿脉主要沿断裂构造充填, 反映断裂既是导矿构造, 又是容矿构造, 因此工作区存在隐伏含矿硅化蚀变带的可能性很大. 建议选择古元古界宝音图群地层和花岗质片麻岩的接触部, 尤其是北东向、近南北向和北西向三组断裂的交汇部, 进行钻探验证等地质勘查工作.

6 结论

(1) 土壤地球化学共圈定 I 类异常 4 处, II 类异常 8 处, III 类异常 18 处, I 类异常 Cu、Au 元素异常显示良好.

(2) 激电中梯共显示 3 处物探异常区, 高电阻率是

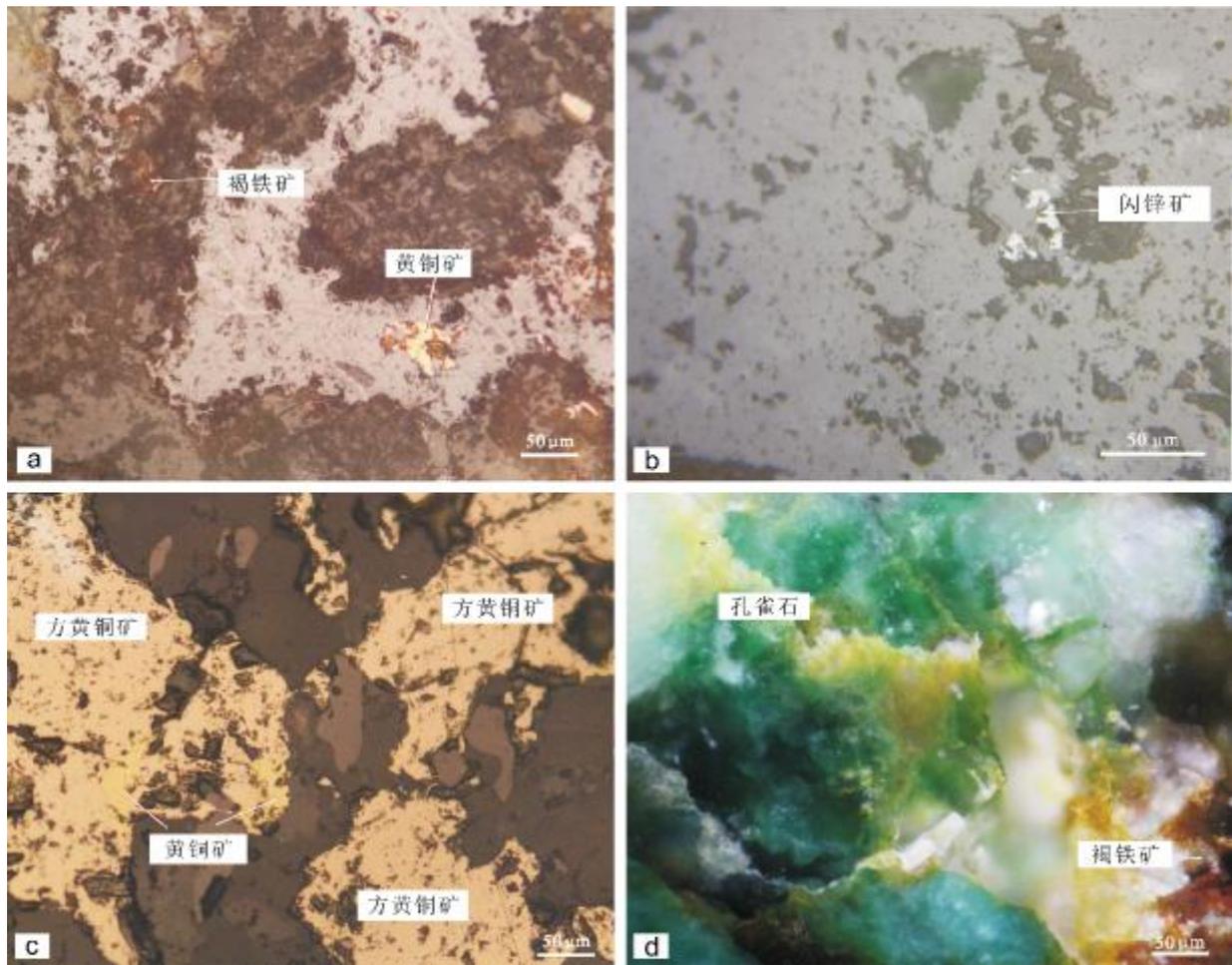


图6 围岩蚀变显微照片

Fig. 6 Microphotographs of wall rock alteration

a—黄铜矿化、褐铁矿化(薄片)(chalcopyritization and ferritization); b—闪锌矿化(薄片)(sphaleritization); c—黄铜矿化、方黄铜矿化(薄片)(chalcopyritization and cubanite mineralization); d—孔雀石化、褐铁矿化(光片)(malachitization and ferritization)

重要的物探异常标志,异常区域与化探 I 类异常重合。其中 I、II 号物探异常区存在 4 个高阻异常条带与硅化蚀变带吻合较好,探槽揭露良好的矿化显示。

(3)古元古界宝音图群和花岗质片麻岩的接触部,尤其是北东向、近南北向和北西向 3 组断裂的交汇部是该区找矿重要靶区。

参考文献(References):

- [1]董建乐. 冀北辽西地区内生金矿成因初探[J]. 地质与勘探, 1989, 25(9): 20-23.
Dong J L. Genetic analysis of endogenous gold deposits in northern Hebei and western Liaoning[J]. Geology and Prospecting, 1989, 25(9): 20-23.
- [2]贾三石, 王恩德, 门业凯, 等. 冀东-辽西金矿床稀土元素特征及其成矿作用探析[J]. 稀土, 2014, 35(5): 36-44.

Jia S S, Wang E D, Men Y K, et al. Discussion on characteristic of rare earth elements and mine ralization of gold deposits, eastern Hebei-western Liaoning, China[J]. Chinese Rare Earths, 2014, 35(5): 36-44.

- [3]贾三石, 王恩德, 付建飞, 等. 冀东-辽西主要金矿矿集区地质特征的差异性与成矿作用的统一性探析[J]. 地质学报, 2011, 85(9): 1493-1506.

Jia S S, Wang E D, Fu J F, et al. Geological differences and mineralization unity of the key gold ore concentrated regions in eastern Hebei and western Liaoning provinces [J]. Acta Geologica Sinica, 2011, 85(9): 1493-1506.

- [4]伊文祥. 建平-北票北部金矿成矿带[J]. 辽宁地质, 1991(4): 375-377.

Yi W X. The ore-forming belt of gold deposit from Jianping to northern Beipiao[J]. Liaoning Geology, 1991(4): 375-377.

- [5]王林世, 彭虎, 郭亚波, 等. 辽宁东平金矿床地质特征及找矿方向

- [J]. 地质与资源, 2020, 29(3): 246-251.
- Wang L S, Peng H, Guo Y B, et al. Geological characteristics and prospecting directions of Dongping gold deposit in Liaoning province [J]. *Geology and Resources*, 2020, 29(3): 246-251.
- [6] 王长青, 杨建伟, 李月新, 等. 辽宁阜新排山楼金矿南带找矿方向探讨[J]. 地质与资源, 2008, 17(1): 14-18.
- Wang C Q, Yang J W, Li Y X, et al. Prospecting guide of the southern belt of Paishanlou gold deposit in Fuxin, Liaoning Province [J]. *Geology and Resources*, 2008, 17(1): 14-18.
- [7] 梁有为. 辽宁建平黄花山金矿床地质特征及成矿模式[J]. 地质与资源, 2016, 25(4): 322-326.
- Liang Y W. Geological characteristics and metallogenic model of the Huanghuashan gold deposit in Jianping, Liaoning Province [J]. *Geology and Resources*, 2016, 25(4): 322-326.
- [8] 王晓鸥. 辽宁凌源柏杖子金矿床地质特征及成矿模式[J]. 地质与资源, 2014, 23(4): 339-342.
- Wang X O. Geological characteristics and metallogenic model of the Baizhangzi gold deposit in Lingyuan, Liaoning Province [J]. *Geology and Resources*, 2014, 23(4): 339-342.
- [9] 武玉海, 周遗军, 张学军, 等. 辽西地区区域金矿成矿预测[J]. 黄金地质, 1997, 3(1): 49-54.
- Wu Y H, Zhou Y J, Zhang X J, et al. Metallogenetic prognosis of regional gold deposit in western Liaoning [J]. *Gold Geology*, 1997, 3(1): 49-54.
- [10] 王丽娜. 辽西地区温杖子金矿床成矿系统分析[J]. 地质与资源, 2014, 23(6): 550-553.
- Wang L N. Analysis on the metallogenic system of Wenzhangzi gold deposit in western Liaoning Province [J]. *Geology and Resources*, 2014, 23(6): 550-553.
- [11] 李伟, 吴桐, 刘森, 等. 内蒙古中部大黄花夕卡岩型铜多金属矿床特征[J]. 地质与资源, 2019, 28(5): 443-447.
- Li W, Wu T, Liu M, et al. Mineralogical characteristics of Dahuanghua copper polymetallic deposit in central Inner Mongolia [J]. *Geology and Resources*, 2019, 28(5): 443-447.
- [12] 李伟. 内蒙古自治区赤峰市桥头镇武家沟铜金矿特征及找矿标志[J]. 西部资源, 2014, 11(5): 134-135.
- Li W. Characteristics and prospecting criteria of Wujiagou copper-gold deposit in Qiaotou Town, Chifeng City, Inner Mongolia [J]. *Western Resources*, 2014, 11(5): 134-135. (in Chinese)
- [13] 蒋振和, 玄力, 付庆, 等. 辽西凌源-北票成矿带金矿地质特征及找矿远景分析[J]. 矿产与地质, 2011, 25(6): 457-460.
- Jiang Z H, Xuan L, Fu Q, et al. Gold geological characteristics and ore-hunting prospect on Lingyuan-Beipiao ore-forming belt of western Liaoning [J]. *Mineral Resources and Geology*, 2011, 25(6): 457-460.
- [14] 王勇. 辽西青龙沟金矿床成矿特征与成矿模型[J]. 地质与资源, 2016, 25(5): 443-448.
- Wang Y. Metallogenetic characteristics and ore-forming model of the Qinglonggou gold deposit in western Liaoning Province [J]. *Geology and Resources*, 2016, 25(5): 443-448.
- [15] 于永安, 刘兴国, 王贵春, 等. 辽西小盘岭金矿床地质特征及找矿方向[J]. 黄金地质, 2001, 7(2): 15-19.
- Yu Y A, Liu X G, Wang G C, et al. Geological features and prospecting direction of Xiaopanling gold deposit, western Liaoning [J]. *Gold Geology*, 2001, 7(2): 15-19.
- [16] 刘宗秀, 魏存弟, 赵春光, 等. 金厂沟梁-二道沟金矿田地质地球化学特征及成因探讨[J]. 世界地质, 2002, 21(1): 13-17.
- Liu Z X, Wei C D, Zhao C G, et al. Discussion on genesis and geological-geochemical feature of Jinchanggouliang-Erdaogou gold minerogenetic field [J]. *World Geology*, 2002, 21(1): 13-17.
- [17] 谈艳, 李海宾, 周洪兵, 等. 青海省枪口南银多金属矿区地球化学异常特征及找矿潜力[J]. 地质与资源, 2019, 28(2): 149-159.
- Tan Y, Li H B, Zhou H B, et al. Geochemical anomalies and prospecting potential of Qiangkounan silver polymetallic Orefield in Qinghai Province [J]. *Geology and Resources*, 2019, 28(2): 149-159.
- [18] 陈井胜, 彭艳东, 刘森, 等. 辽西建平烧锅营子金矿花岗岩的锆石 U-Pb 年代学、地球化学特征及地质意义[J]. 中国地质, 2016, 43(2): 395-409.
- Chen J S, Peng Y D, Liu M, et al. Zircon U-Pb geochronology, geochemical characteristics and geological significance of the pluton in the Shaoguoyingzi gold ore deposit in Jianping, western Liaoning [J]. *Geology in China*, 2016, 43(2): 395-409.
- [19] 贾三石, 王恩德, 付建飞, 等. 辽西排山楼金矿床微量元素地球化学特征及深部找矿预测研究[J]. 地球化学, 2011, 40(3): 266-279.
- Jia S S, Wang E D, Fu J F, et al. Geochemical characteristics of trace elements and deep prediction of the Paishanlou gold deposit, Fuxin, western Liaoning [J]. *Geochimica*, 2011, 40(3): 266-279.
- [20] 朱星晔. 激电中梯测量在阜新三家子金矿勘查中的应用[J]. 科技创新与生产力, 2017, 38(5): 110-113.
- Zhu X Y. Application of IP intermediate gradient survey in gold prospecting of Sanjiazi [J]. *Sci-tech Innovation & Productivity*, 2017, 38(5): 110-113.
- [21] 罗长海, 刘世宝, 李福军, 等. 青海握玛沟金铜矿床地质特征及找矿标志[J]. 地质与资源, 2018, 27(5): 431-437, 416.
- Luo C H, Liu S B, Li F J, et al. Geological characteristics and prospecting indicators of Womagou gold-copper deposit in Qinghai province [J]. *Geology and Resources*, 2018, 27(5): 431-437, 416.
- [22] 郑超, 王建国, 赵纯福, 等. 建平烧锅营子金矿区矿化类型及围岩蚀变特征[J]. 沈阳黄金学院学报, 1995, 14(3): 301-308.
- Zheng C, Wang J G, Zhao C F, et al. Mineralization types and wall rock alteration characteristics of Shaoguoyingzi gold field, Jianping [J]. *Journal of Shenyang Institute of Gold Technology*, 1995, 14(3): 301-308.