



青海阿哈大洼地区地球物理、地球化学特征及金银多金属成矿条件

冶建虎,郭海明,何 利,刘 飞

青海省第五地质勘查院,青海 西宁 810099

摘 要: 研究区位于柴达木盆地东南缘,大地构造隶属于柴达木盆地北缘蛇绿混杂岩带。通过对区内成矿地质背景、地球物理和地球化学特征进行综合研究,并与邻区赛坝沟金矿对比分析,认为研究区具有优越的成矿地质背景和良好的物化探异常,与赛坝沟金矿具有相似成矿背景。区内寻找构造蚀变岩型金多金属矿和热液充填矿床的成矿条件极为有利。

关键词: 地球物理;地球化学;金银多金属矿床;成矿条件;柴达木盆地;青海省

GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND GOLD-SILVER POLYMETALLIC METALLOGENIC CONDITIONS IN AHADAWA AREA, QINGHAI PROVINCE

YE Jian-hu, GUO Hai-ming, HE Li, LIU Fei

Qinghai No. 5 Geological Exploration Institute, Xining 810099, China

Abstract: The study area is located in the southeast margin of Qaidam Basin, tectonically belonging to the northern Qaidam ophiolite melange zone. Based on the comprehensive study of metallogenic geological setting, geophysical and geochemical characteristics, and comparison with the neighboring Saibagou gold deposit, it is concluded that the study area has advantaged metallogenic background and well geophysical and geochemical anomalies, with similar metallogenic background to Saibagou gold deposit. There are favorable metallogenic conditions for tectonic altered rock type of gold polymetallic deposit and hydrothermal filling deposit prospecting in the area.

Key words: geophysics; geochemistry; gold-silver polymetallic deposit; metallogenic condition; Qaidam Basin; Qinghai Province

0 引言

阿哈大洼地区隶属青海省乌兰县管辖,位于柴达木盆地东南缘山地。研究区是青海重要的金多金属矿产地,前人在阿哈大洼地区开展 1:5 万化探扫面及异常查证工作,认为该区金异常规模小,对该区金异常的成因和异常地质背景的研究程度也较低。本研究通过

野外勘查和分析区内的地球物理、地球化学特征,归纳总结成矿条件,旨在为下一步地质勘查找矿提供理论依据和新思路。

1 成矿地质背景

研究区位于柴达木盆地东南缘山地,属青藏高原

收稿日期:2023-02-10;修回日期:2023-02-21。编辑:张哲。

基金项目:青海省地质勘查专项资金项目“青海省乌兰县阿哈大洼金多金属矿预查”(2019048099kc041)。

作者简介:冶建虎(1987—),男,工程师,从事矿产勘查工作,通信地址 青海省西宁市朝阳西路 42 号,E-mail://273724941@qq.com

通信作者:郭海明(1987—),男,高级工程师,从事矿产勘查工作,通信地址 青海省西宁市朝阳西路 42 号,E-mail//715729007@qq.com

草原亚带景观,为干旱一半干旱荒漠区,区内山势陡峻,除山脊岩石裸露外,山间大滩、沟谷及山麓多有风成黄土及风成砂覆盖^[1]。研究区大地构造隶属于秦岭祁连昆中造山带柴北缘蛇绿混杂岩带,北部紧邻全吉地块,东部为东昆仑弧盆系-鄂拉山陆缘弧。研究区位于赛什腾山-阿尔茨托山成矿带内乌兰县赛坝沟金铜铌钽成矿带。

1.1 地层

研究区属青海柴达木盆地北缘地层小区。出露地层除大面积的第四系外,见有古元古代达肯大坂岩群(Pt₁D)和奥陶-志留纪滩间山群(OST)(图1)。主要岩石组合为黑云母斜长石片麻岩、斜长角闪片岩及条带状或细中粒大理岩、深灰黑色-褐色含斜长石片岩、灰绿色糜棱岩化安山质角砾熔岩及玄武安山岩^[2]。

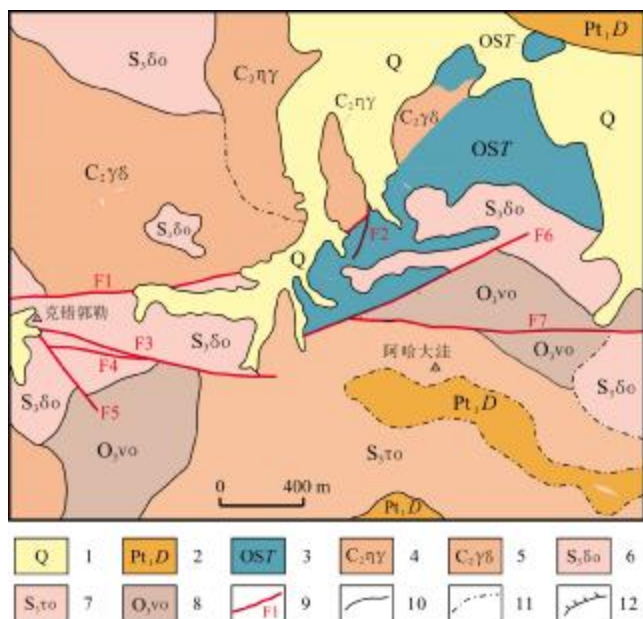


图1 研究区地质简图

Fig. 1 Geological sketch map of the study area

1—第四系冲洪积(Quaternary alluvium-proluvium); 2—达肯大坂岩群地层(Dakendaban rock group); 3—滩间山群地层(Tanjiashan rock group); 4—中石炭世二长花岗岩(Middle Carboniferous monzogranite); 5—中石炭世花岗闪长岩(Middle Carboniferous granodiorite); 6—晚志留世石英闪长岩(Late Silurian quartz diorite); 7—晚志留世英云闪长岩(Late Silurian tonalite); 8—晚奥陶世角闪斜长花岗岩(Late Ordovician hornblende plagiogranite); 9—断层构造(fault); 10—地质界线(geological boundary); 11—脉动侵入接触界线(pulsating intrusive contact boundary); 12—超动侵入接触界线(beveling intrusive contact boundary)

1.2 构造

区内构造按其方向有近东西向、北东向、北西向3组^[3](图1)。

1) 近东西向构造

F1断裂是一条逆冲断层,为区内的主要控矿构造。宏观上F1断裂沿走向呈连续陡墙状地形并发育对头沟现象,规模较大,长度4~5 km,倾向北,倾角65~75°。断层内发育硅化、褐铁矿化、绿泥石化等蚀变。

F3、F4、F7断裂规模较大,长1.9~3.2 km,宽10~25 m,倾向南,倾角56~65°,为逆断层。F3断裂见有杂色碎裂岩及断层泥,地表上呈线型负地形,带内岩石发育硅化、褐铁矿化及高岭土化^[4]。

2) 北东向构造

F2、F6断裂主体位于晚奥陶世角闪斜长花岗岩体中,地貌上呈线性负地形,形成一系列小垭口和山间沟谷带。见有宽10~30 m的破碎蚀变带,带内见有碎裂状花岗岩、石英闪长岩,岩石发育绢英岩化、褐铁矿化及高岭土化^[5]。

3) 北西向断裂

F5断裂位于晚志留世石英闪长岩体中,呈北西向展布,长度约1.5 km。发育宽约10 m的破碎蚀变带,带内为石英闪长岩质碎裂岩,发育较强褐铁矿化及绢云母化。

1.3 岩浆岩

研究区内除第四系及小面积分布的奥陶-志留纪滩间山群碎屑岩组外,其余均为岩浆岩分布区。主要有:晚奥陶世灰色中粗粒角闪斜长花岗岩、晚志留世灰色细粒石英闪长岩、中石炭世浅灰色中粗粒花岗闪长岩、中石炭世浅肉红色二长花岗岩^[6-9]。

2 地球物理特征

2.1 1:5万磁异常

本次研究收集、引用了区内1:5万地面高精度磁异常最新成果资料,涉及两处1:5万地面高精度磁异常M16、M17(图2)。

M16异常:位于研究区中北部,异常长约3 100 m,宽度在352~1 100 m间,面积约2.7 km²,总体东西走向。磁异常总体处于较弱的正异常中,异常曲线形态呈扁豆状。总体异常较弱,异常ΔT极大值为133 nT。据区域地质图,异常位于晚志留世英云闪长岩、晚石炭

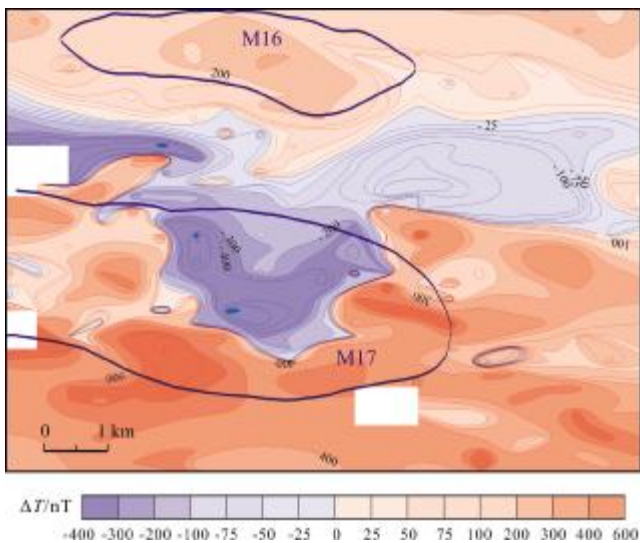


图 2 阿哈大洼地区 1:5 万高精度磁测平面等值线图
Fig. 2 The 1:50 000 high precision magnetic survey map of Ahadawa area

世二长花岗岩、花岗闪长岩分布区,局部见滩间山碎屑岩组,部分被第四系冲洪积层覆盖.中酸性侵入岩磁化率平均值 $\kappa=1\,123\times10^{-6}\sim5\,989\times10^{-6}\,4\pi\text{SI}$, 具中强磁性.区内侵入岩随其基性程度增加,磁性逐渐增强.推测异常为英云闪长岩、二长花岗岩引起.

M17 异常:位于研究区中部,异常长约 7.8 km,宽

度在 488~2 900 m 间,呈椭圆状东西走向展布,西侧未封闭,南正北负,呈多峰值状, ΔT 峰值为 2 200 nT^[10].异常主体位于侵入岩分布区,有晚奥陶世斜长花岗岩、石英闪长岩等.异常区断裂构造发育,断裂带内见有少量磁铁矿化.异常主体与 HS12 甲 3AgPb(SbMo)异常吻合极好,东北部与 HS55 丙 Co(CrBi)异常吻合较好.磁异常区内经 1:1 万地质草测、1:1 万土壤测量、槽探工程查证,在负异常区圈定 7 处土壤异常,发现 7 条破碎蚀变带及 5 条金银多金属矿化体,推测异常由岩体中破碎蚀变带中的多金属矿化引起,应继续进行查证工作.

2.2 1:5 000 激电中梯剖面异常

本次研究引用前人在区内开展的 1:5 000 激电中梯剖面成果数据.以往针对区内 F1 构造破碎带测制了一条 1:5 000 激电中梯剖面(WP5840)(图 3),圈定了 1 处激电异常.

结合图 3 可知,在供电极距 AB=800 m 情形下,WP5840 剖面视极化率(η_a)值一般在 0.47%~3.07%,变化范围稍大,背景值约为 1.6%,曲线形态总体表现为由南向北逐渐增大的趋势.对应视电阻率(ρ_a)一般在 85~1 740 Ωm ,背景值约为 400 Ωm ,曲线形态总体表现为平缓低值背景上的局部高电阻异常特征.

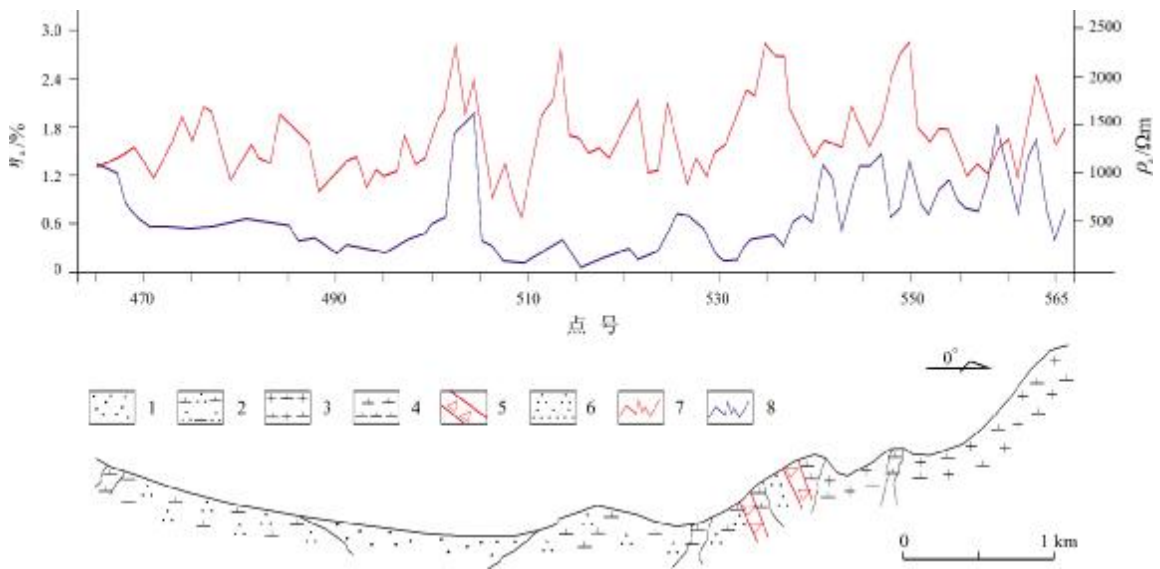


图 3 研究区 WP5840 物探综合剖面图

Fig. 3 Comprehensive geophysical profile WP5840 in Ahadawa area

1—第四系冲洪积(Quaternary alluvium-proluvium); 2—石英闪长岩(quartz diorite); 3—花岗闪长岩(granodiorite); 4—闪长岩(diorite); 5—破碎蚀变带(fracture alteration zone); 6—硅化带(silicified zone); 7—极化率曲线(polarizability curve); 8—电阻率曲线(resistivity curve)

对比 WP5840 剖面 η_a 及 ρ_a 异常特征,剖面“低 ρ_a 高 η_a ”异常区段主要分布于剖面的 519—531 点段及 535—546 点段,显示找矿指示意义较好. 519—531 点段: 对应 η_a 值一般在 1.8%~3.07%, 对应 ρ_a 值一般在 100~600 Ωm , 总体表现为较为明显的“低阻高极化”激电异常特征. 结合地质剖面可知, 在对应剖面 524—531 点段见有断裂(F1)控制的碎裂岩带, 断裂带内网状裂隙发育, 褐铁矿化、硅化、高岭土化等蚀变强烈^[11], 经探槽工程揭露验证、取样分析, Au 元素含量 $0.251\times10^{-6}\sim0.848\times10^{-6}$, Pb 元素含量 $0.104\times10^{-2}\sim0.564\times10^{-2}$, 圈出了 1 条金矿化体及 1 条铅矿化体. 空间上该矿化体赋存在 F1 构造破碎带内, 综合显示出激电异常与矿化体分布的良好对应性, 找矿指示意义较为明显. 因此, 初步分析认为剖面的“低阻高极化”激电异常可能有构造蚀变岩型金矿或沿构造充填的铅(多金属)矿化体存在, 为找矿的有利区段, 进一步找矿前景较好.

通过 1:5 000 激电中梯剖面测量工作, 激电异常与对应地质现象吻合程度较高, 初步推测物探曲线中反映的“低阻高极化”激电异常多与沿构造充填金属硫化物局部富集或硅化蚀变岩或石英脉有关, 对寻找蚀变岩型或石英脉型金矿(化)有较好的指示意义.

3 地球化学特征

3.1 1:5 万水系沉积物地球化学测量异常

本研究采用前人在区内开展的 1:5 万水系沉积物地球化学测量异常成果数据(表 1). 研究区涉及异常为阿哈大洼 AS $\text{B}_2^{11}\text{Ag}(\text{Pb}, \text{Zn}, \text{Mo})$ 异常, 位于研究区中部, 异常特征组合元素为 Ag、Pb、Zn、Mo. 异常总体呈南北向不规则椭圆形, 南北长约 4.7 km, 东西宽约 2.6 km. 异常主元素 Ag 异常面积 10.91 km^2 , 平均值

571×10^{-9} , 峰值 2 591.5 $\times10^{-9}$, 标准离差 695, 衬度 5.7, 异常规模 62.19, 具有内中外三级浓度分带; Pb 异常面积 4.89 km^2 , 平均值 136 $\times10^{-6}$, 峰值 463.7 $\times10^{-6}$, 标准离差 56.69, 衬度 3.4, 异常规模 16.63, 具内中外三级浓度分带. Ag、Pb 异常具有较好的重合性. 异常内多元素套合在一个浓集中心, 中心部位大致呈椭圆形^[12].

异常区内出露花岗闪长岩、石英闪长岩、英云闪长岩等中酸性侵入岩. 北西向断层发育, 多为逆断层, 带内发育强褐铁矿化、硅化、黄铁矿化. 初步推断异常与区内的构造蚀变带关系密切. 经 1:1 万地质草测、1:1 万土壤测量、槽探工程查证, 在区内圈定 4 处土壤异常, 发现 7 条构造破碎带及多条金银多金属矿化体, 证实其属矿致异常. 该异常与 M17 磁异常中心部位的正负异常区吻合极好, 具有较好的找矿前景.

3.2 1:1 万土壤地球化学测量异常特征

1:1 万土壤地球化学测量异常数据, 为本基金项目研究的自测数据. 研究区内共圈定出 2 个土壤测量综合异常, AP1 和 AP2 异常(图 4).

AP1 土壤异常: 位于研究区北部, 元素组合为 Au、Ag、Cu, 异常呈不规则状, 各元素之间相互套合较好. 其中 Au 元素异常强度较高, 规模较大, 峰值为 32.4 $\times10^{-9}$, 具内、中、外 3 个浓度分带^[13], 浓集中心位于异常中部, 与 Ag 元素异常相互套合好. Mo 元素异常主要分布在异常区东部, 具有两个浓集中心, 峰值为 10.59 $\times10^{-6}$, 具内、中、外 3 个浓度分带(表 2).

异常区出露岩性为中石炭世花岗闪长岩, 区内中基性侵入岩脉发育. 经地质填图和异常查证, 在异常区北东发现 1 条辉绿岩脉, 与花岗闪长岩接触部位断续见有孔雀石化褐铁矿化石英脉. 经地表探槽工程验证圈定 1 条铜矿体, 证实其属矿致异常, 尚有进一步拓展的找矿空间, 建议继续进行地表揭露验证工作.

表 1 阿哈大洼 AS $\text{B}_2^{11}\text{Ag}(\text{Pb}, \text{Zn}, \text{Mo})$ 异常特征参数统计表

Table 1 Statistics of AS- $\text{B}_2^{11}\text{Ag}(\text{Pb}, \text{Zn}, \text{Mo})$ anomaly characteristic parameters in Ahadawa area

元素	异常下限	异常点数	面积/ km^2	异常平均值	峰值	标准离差	衬度	异常规模/ km^2	浓度分带
Ag	100	15	10.91	571	2591.5	695	5.7	62.19	内中外
Pb	40	15	4.89	136	463.7	56.69	3.4	16.63	内中外
Zn	90	6	0.91	144	170.55	13.19	1.6	1.46	外
Mo	2	6	1.77	3.1	4.92	1.2	1.5	2.66	中外

含量单位 Ag 为 10^{-9} , 其他为 10^{-6} .

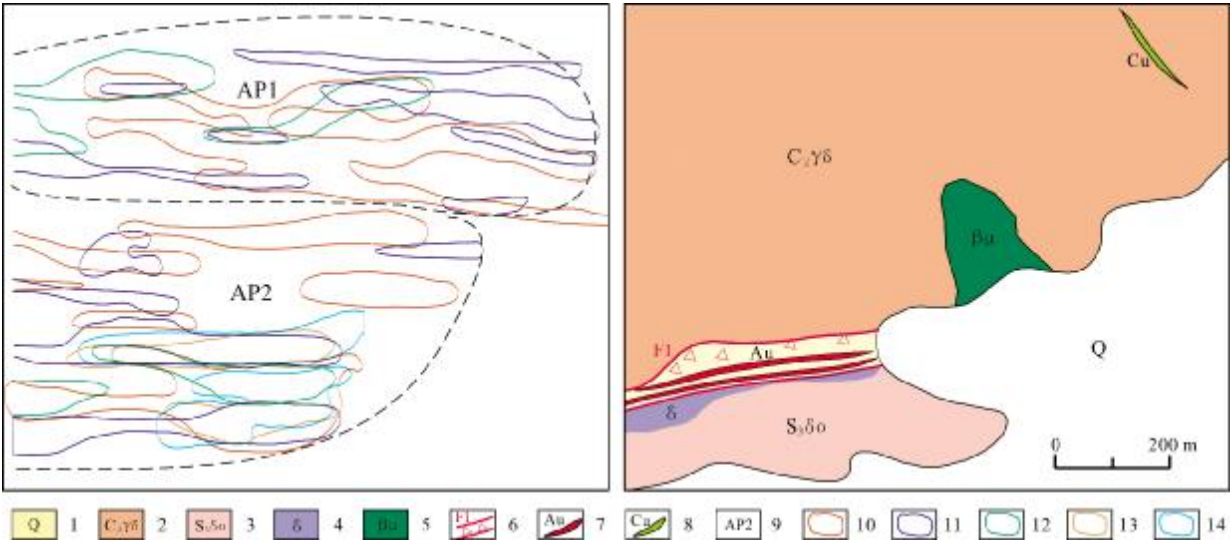


图 4 研究区 1:1 万土壤异常剖析图

Fig. 4 The 1:10 000 soil anomaly analysis map of the study area

1—第四系冲洪积 (Quaternary alluvium-proluvium); 2—中石炭世花岗闪长岩 (Middle Carboniferous granodiorite); 3—晚志留世石英闪长岩 (Late Silurian quartz diorite); 4—闪长岩 (diorite); 5—辉绿岩 (diabase); 6—断层破碎带 (fault fracture zone); 7—金矿体 (gold orebody); 8—铜矿体 (copper orebody); 9— 1:1 万土壤综合异常 (1:10 000 soil comprehensive anomaly); 10— Au 元素异常 (Au anomaly); 11— Ag 元素异常 (Ag anomaly); 12— Cu 元素异常 (Cu anomaly); 13— Pb 元素异常 (Pb anomaly); 14— Zn 元素异常 (Zn anomaly)

表 2 AP1 土壤异常特征参数表

Table 2 Characteristic parameters of AP1 soil anomaly

元素	面积/ km ²	最大值	平均值	衬度	规模/ km ²	形态	浓度 分带
Au	0.0895	32.4×10 ⁻⁹	7.31×10 ⁻⁹	2.2844	0.2044	不规则状	内中外
Cu	0.0404	124.5×10 ⁻⁶	65.94×10 ⁻⁶	1.6485	0.0666	不规则状	外
Ag	0.0558	0.163×10 ⁻⁶	0.1145×10 ⁻⁶	1.145	0.0639	不规则状	中外

AP2 土壤异常:位于断裂 F1 附近,异常总体形态呈椭圆状,长轴方向与 F1 断裂走向一致.元素组合为 Au、Ag、Pb、Zn、Cu,各元素之间相互套和较好.其中 Au 元素异常规模大,强度高,具有内中外三级浓度分带,浓集中心明显,峰值达 163.7×10⁻⁹,与其他元素异常相互套合较好(表 3、图 4).异常区北部为中石炭世浅灰色花岗闪长岩,南部为晚志留世灰色石英闪长岩,二者之间呈断层接触.石英闪长岩岩体北部为闪长岩脉,岩石裂隙中发育孔雀石矿化.近东西向断裂 F1 横穿异常区,见有宽 30~80 m 的破碎带,带内多为褐铁矿化碎裂岩化蚀变岩,发育强褐铁矿化、绢云母化、硅化、闪锌矿化.经地表槽探工程揭露验证土壤异常及 F1

的含矿性,在 F1 带内的碎裂蚀变岩及石英闪长岩内金元素含量达 53.28×10⁻⁹,锌元素含量达 3 161×10⁻⁶;圈定 2 条金矿体,证实其属矿致异常.该异常位于 M17 磁异常中的负异常区,异常浓集中心部位与激电异常吻合.物化探异常及金矿体向西还有进一步拓展的空间,应继续进行查证.

表 3 AP2 土壤异常特征参数表

Table 3 Characteristic parameters of AP2 soil anomaly

元素	面积/ km ²	最大值	平均值	衬度	规模/ km ²	形态	浓度 分带
Au	0.1057	163.7×10 ⁻⁹	16.776×10 ⁻⁹	5.2425	0.5541	似椭圆状	内中外
Ag	0.0745	0.594×10 ⁻⁶	0.1893×10 ⁻⁶	1.893	0.1410	似椭圆状	内中外
Pb	0.0339	655.7×10 ⁻⁶	197.97×10 ⁻⁶	3.959	0.1342	不规则状	内中外
Zn	0.0567	405.7×10 ⁻⁶	201.45×10 ⁻⁶	2.0145	0.1142	不规则状	内中外
Bi	0.0151	7.59×10 ⁻⁶	3.53×10 ⁻⁶	4.472	0.0675	不规则状	内中外
Cu	0.026	124.2×10 ⁻⁶	66.3×10 ⁻⁶	1.658	0.0430	不规则状	中外
Mo	0.0091	4.05×10 ⁻⁶	3.555×10 ⁻⁶	1.422	0.0129	不规则状	外

综上所述,研究区土壤地球化学测量各元素异常套合较为紧凑,元素组合以 Au、Ag、Pb、Cu 为主,因此

在区内有找到金矿及银铅多金属矿的潜力较大;异常水平分带现象不明显,从地貌上看,发现矿化点的海拔相对较低,这些都说明了该地区的剥蚀程度较低^[14],在深部存在含矿体的可能性较大。

4 成矿条件分析

研究区地处赛什腾山-阿尔茨托山成矿带中乌兰县赛坝沟金铜铋钽成矿带,该带断裂构造发育,主要为北西向、北东向、近东西向 3 组,其中北西向断裂最发育,为区内主干断裂;韧-脆性剪切带在奥陶-志留纪滩间山群中发育。成矿以金、铜为主,其次有铁、铋钽矿产分布,矿化产于构造蚀变带和石英脉中,成矿与华力西期中酸性侵入岩和北西向剪切带关系密切^[15-18],代表性的矿(床)点有赛坝沟金矿、拓新沟金矿床等。

研究区与赛坝沟金矿床成因类型相似(表 4),具备寻找构造蚀变岩型金矿的潜力,成矿地质背景较好。

研究区内多种异常叠加,包括 1:5 万水系异常、1:5 万磁异常(M16、M17)、1:1 万土壤异常(AP1、AP2)、1:5 000 激电异常。不同比例尺、不同技术方法的地质异常均有所显现,充分突显出预查区优越的成矿地质条件。

研究区与赛坝沟金矿床同处一条成矿带,二者成矿地质背景、成矿要素、成因类型均相似,具备寻找构

造蚀变岩型金矿的潜力。

研究区内地层发育较少,多为岩浆岩分布区,其时代从晚奥陶世到中石炭世,岩性主要为角闪斜长花岗岩、闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩,脉岩发育。区内构造活动较为强烈,发育有近东西向、北东东向及北北西向 3 组断裂带。其中近东西向断裂 F1 规模大、形成时间早、活动期长,为赛坝沟金矿床内控矿构造在南东方向的延伸。

综合区内矿化信息特征发现,区内大多数异常出现在断裂带、侵入岩附近。对比赛坝沟金矿床(表 4)成矿地质条件认为:断裂构造为金等元素矿化的形成提供了运移通道和富集场所,热液活动特别是石英脉热液的贯入,为金等元素的活化迁移和富集提供了能量和运移介质^[19-20]。因此,区内寻找构造蚀变岩型金多金属矿和热液充填矿床的前景较好。

下步找矿应以 1:1 万土壤地球化学测量异常区(AP1、AP2)Au、Ag、Cu、Pb 元素异常高值段作为找矿靶区,结合 F1 断层破碎带附近,进行重点异常查证、揭露检查,取得区内找矿新突破。

5 结论

1)研究区内构造、岩浆活动强烈,发育近东西向、北东向、北西向 3 组断裂。近东西向断裂 F1 规模大、

表 4 阿哈大洼地区与赛坝沟金矿成矿条件对比一览表
Table 4 Comparison of metallogenic conditions between Ahadawa area and Saibagou gold deposit

项目	赛坝沟金矿 [*]	阿哈大洼地区	结果
大地构造位置	柴北缘结合带滩间山岩浆弧	柴北缘结合带柴北缘蛇绿混杂岩带	相似
构造特征	北西向控矿构造	近东西向 F1 控矿断裂,位于赛坝沟北西向断裂的东南延伸段	相似
岩浆岩特征	斜长花岗岩、英云闪长岩、斜长花岗岩,与成矿关系密切	斜长花岗岩、石英闪长岩、英云闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩等	相似
矿体产状	走向北西,倾向以北东为主,倾角 60~85°	走向近东西,倾向南偏东,倾角 62~70°	相反
矿体形态	北西向蚀变带 5 条,长 780~1460 m,宽 3~10 m,矿体长几十至 200 m 不等,平均厚度 0.82~3.3 m,脉状、不规则状、透镜状	北西—近东西向蚀变带 6 条,长 1200~3200 m,宽 10~30 m,其中 Sb1 圈定 2 条金矿化体,长 350~850 m,平均厚度 0.95~2.9 m,脉状、透镜状	相似
矿物成分	矿石矿物主要为自然金、褐铁矿、黄铁矿、磁铁矿,脉石矿物有石英、斜长石、绿泥石、绢云母	矿石矿物未见自然金银,主要为褐铁矿、黄铁矿,脉石矿物主要为石英、斜长石、绢云母	相似
矿石品位	平均 3.92×10 ⁻⁶ ~12.79×10 ⁻⁶	平均 0.34×10 ⁻⁶ ~0.38×10 ⁻⁶ ,单样 1.19×10 ⁻⁶	
成因类型	石英脉型、构造蚀变岩型	构造蚀变岩型、石英脉型	一致

形成时间早、活动期长,为赛坝沟金矿床内控矿构造在南东方向的延伸。

2) 1:5万水系异常、1:5万磁异常(M16、M17)、1:1万土壤异常(AP1、AP2)、1:5 000 激电异常多种异常叠加,不同比例尺、不同技术方法的地质异常均有所显现,大多数异常出现在断裂带、侵入岩附近,突显出研究区优越的成矿地质条件。

3)通过研究区与赛坝沟金矿床对比研究,二者同处一条成矿带,成矿地质背景、成矿要素、成因类型相似,具备寻找构造蚀变岩型金矿的潜力。

4)区内寻找构造蚀变岩型金多金属矿和热液充填矿床的成矿条件极为有利。

参考文献(References):

- [1]李兆营. 青海哈图地区水系沉积物地球化学特征及找矿方向[J]. 山东国土资源, 2017, 33(5): 7-13.
Li Z Y. Prospecting direction and geochemical characteristics of stream sediments in Hatu area in Qinghai Province[J]. Shandong Land and Resources, 2017, 33(5): 7-13.
- [2]张晓飞. 东昆仑阿拉克湖-红水川地区地质构造演化特征及成矿规律研究[D]. 西安: 长安大学, 2011.
Zhang X F. Study on characteristics of tectonic evolution and metallogenic regularity in Alake Lake-Hongshuichuan of the East Kunlun area[D]. Xi'an: Chang'an University, 2011.
- [3]李兴奎, 李才, 孙振明, 等. 西藏赛角铜金矿闪长岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素和地球化学特征及成矿意义[J]. 地质通报, 2015, 34(5): 908-918.
Li X K, Li C, Sun Z M, et al. Zircon U-Pb geochronology, Hf isotope, and whole-rock geochemistry of diorite in the Saijiao Cu-Au deposit, Tibet, and its ore-forming significance [J]. Geological Bulletin of China, 2015, 34(5): 908-918.
- [4]张玉忠. 内蒙古乌拉特中旗野狼沟锌多金属矿成矿特征及找矿研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2010.
Zhang Y Z. Metallogenic feature and prospecting of the zinc polymetallic ore at Yelangou, Wulatezhongqi, Inner Mongolia[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2010.
- [5]李焕学, 郑英, 严玉峰. 中祁连苏里地区构造蚀变岩型金矿的发现及成因浅析[J]. 青海大学学报, 2018, 36(5): 72-80.
Li H X, Zheng Y, Yan Y F. Discovery and analysis of the formation of tectonic alteration rock gold deposits in Suli region of Central Qilian [J]. Journal of Qinghai University, 2018, 36(5): 72-80.
- [6]王建国, 王银茹, 杨彦峰, 等. 河南省西峡县马家庄铅矿床地质特征[J]. 地质找矿论丛, 2014, 29(3): 357-361.
Wang J G, Wang Y R, Yang Y F, et al. Geological features of Majiazhuang Mo deposit in Xixia County of Henan Province [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2014, 29(3): 357-361.
- [7]贾大为. 内蒙古高石山地区铜多金属矿的地球化学多维异常靶区优选[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2018.
Jia D W. Targets selection of copper polymetallic deposits by sorting geochemical multi-dimensional anomalies in Gaoshishan area, Inner Mongolia[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2018.
- [8]贾群子, 杨忠堂, 肖朝阳, 等. 祁连山铜金钨铅锌矿床成矿规律和成矿预测[M]. 北京: 地质出版社, 2008.
Jia Q Z, Yang Z T, Xiao Z Y, et al. Metallogenic rules and prediction of copper-gold-tungsten-lead-zinc deposits in the Qilian Mountains[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2008.
- [9]杨生飞. 化探方法模块组合在矿产勘查中的应用研究——以内蒙古赤峰市杨树林银多金属矿为例[D]. 沈阳: 东北大学, 2009.
Yang S F. Study on the application of the mineral prospecting by module combination of geochemical exploration methods: A case of silver polymetallic ore of Yang Shulin in Chifeng, Inner Mongolia[D]. Shenyang: Northeastern University, 2009.
- [10]赵涌涛. 辽宁阜蒙中生界火山岩覆盖区典型铁矿研究及远景预测[D]. 长春: 吉林大学, 2016.
Zhao Y T. Liaoning Fumeng Mesozoic volcano rock covered area of typical ore research and prospect [D]. Changchun: Jilin University, 2016.
- [11]杨彦超, 曹秋义, 卢辉雄, 等. 黑龙江奋斗地区地面伽玛能谱异常特征及成因分析[J]. 矿产勘查, 2017, 8(5): 875-880.
Yang Y C, Cao Q Y, Lu H X, et al. Anomaly characteristics and genesis analysis of ground gamma energy spectrum in Fendou area, Heilongjiang[J]. Mineral Exploration, 2017, 8(5): 875-880.
- [12]李保平, 陈玉华, 周晓中, 等. 青海各玛龙铅锌矿地质地球化学特征及找矿前景[J]. 黄金科学技术, 2011, 19(3): 9-13.
Li B P, Chen Y H, Zhou X Z, et al. The geological and geochemical characteristics of Gemalong lead-zinc mine, Qinghai Province[J]. Gold Science and Technology, 2011, 19(3): 9-13.
- [13]杨功, 李开毕, 谢岩锐, 等. 云南省地球化学地质应用研究[M]. 北京: 地质出版社, 2016.
Yang G, Li K B, Xiao K R, et al. Application research of geochemical geology in Yunnan Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2016. (in Chinese)
- [14]范照雄, 谢海林, 贺领兄, 等. 得勒钦地区地物化特征及找矿方向浅析[J]. 青海大学学报(自然科学版), 2011, 29(5): 72-76, 83.
Fan Z X, Xie H L, He L X, et al. Analysis of physical and chemical characteristics and prospecting direction of ore deposits in Deleqin area[J]. Journal of Qinghai University (Natural Science), 2011, 29(5): 72-76, 83.
- [15]王福德, 李云平, 贾妍慧. 青海金矿成矿规律及找矿方向[J]. 地球科学与环境学报, 2018, 40(2): 162-175.

- Wang F D, Li Y P, Jia Y H. Metallogenic regularity and prospecting direction of gold deposits in Qinghai, China[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2018, 40(2): 162-175.
- [16] 王文东, 刘涛, 周传芳, 等. 黑龙江富源沟晚三叠世中-基性火山岩的厘定及地质意义[J]. 地质与资源, 2023, 32(6): 670-680.
- Wang W D, Liu T, Zhou C F, et al. Identification of the Late Triassic Fuyuangou intermediate-basic volcanic rocks in Heilongjiang Province: Geological implication[J]. Geology and Resources, 2023, 32(6): 670-680.
- [17] 杨武, 梁小山, 胡盛, 等. 河南省巩义铝土矿地球化学特征分析[J]. 地质与资源, 2023, 32(6): 699-704.
- Yang W, Liang X S, Hu S, et al. Geochemical characteristics of the Gongyi bauxite deposit in Henan Province[J]. Geology and Resources, 2023, 32(6): 699-704.
- [18] 刘俊杰, 赵九峰, 巩智镇, 等. 内蒙古额济纳旗辉森乌拉金矿地质特征及找矿标志[J]. 矿产勘查, 2018, 9(5): 865-873.
- Liu J J, Zhao J F, Gong Z Z, et al. Geological characters and prospecting indicators of Huisenwula gold deposit in Ejina, Inner Mongolia[J]. Mineral Exploration, 2018, 9(5): 865-873.
- [19] 张玉瑜, 王启蒙, 任瑞鹏, 等. 青海省乌兰县赛坝沟地区金成矿地质特征及找矿方向[J]. 地质调查与研究, 2018, 41(3): 191-197.
- Zhang Y Y, Wang Q M, Ren R P, et al. Metallogenic geological characteristics and prospecting direction of the Saibagou area in Wulan County, Qinghai Province[J]. Geological Survey and Research, 2018, 41(3): 191-197.
- [20] 李利阳, 白志达, 伍光英, 等. 大兴安岭乌奴耳地区构造混杂岩的组成及地质意义[J]. 地质与资源, 2023, 32(6): 664-669, 698.
- Li L Y, Bai Z D, Wu G Y, et al. Compositions of tectonic Melange in Wunuer area, Daxinganling Mountains: Geological implication[J]. Geology and Resources, 2023, 32(6): 664-669, 698.

(上接第 177 页/Continued from Page 177)

- [19] 朱华. 云南热带雨林: 特征、生物地理起源与演化[J]. 热带亚热带植物学报, 2022, 30(4): 575-591.
- Zhu H. Tropical rain forest of Yunnan (southwestern China): Characteristics, biogeographical origin and evolution[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2022, 30(4): 575-591.
- [20] 周斌, 王峰, 王明志, 等. 水系沉积物测量在新疆霍什布拉克地区找矿应用[J]. 物探与化探, 2014, 38(5): 872-878.
- Zhou B, Wang F, Wang M Z, et al. The application of stream sediment survey to ore-prospecting work in Huoshibulake area of Xinjiang[J]. Geophysical & Geochemical Exploration, 2014, 38(5): 872-878.
- [21] 蒋敬业, 朱有光, 赵伦山, 等. 西天山高寒草甸区寻找隐伏矿化探方法研究[J]. 物探与化探, 2004(3): 189-192, 198.
- Jiang J Y, Zhu Y G, Zhao L S, et al. Geochemical exploration for hidden deposits in the grassland of the West Tianshan Mountains[J]. Geophysical & Geochemical Exploration, 2004, 28(3): 189-192, 198.
- [22] 王明志, 韩润生, 王雷, 等. 滇西北北衙金矿床万嗣山-笔架山矿段构造地球化学特征[J]. 中国地质, 2016, 43(1): 238-248.
- Wang M Z, Han R S, Wang L, et al. Tectono-geochemical characteristics of Wandongshan-Bijiashan ore block in the Beiya Au-polymetallic deposit, northwestern Yunnan[J]. Geology in China, 2016, 43(1): 238-248.
- [23] 钱建平, 谢彪武, 陈宏毅, 等. 广西金山金银矿区成矿构造分析和构造地球化学找矿[J]. 现代地质, 2011, 25(3): 531-544.
- Qian J P, Xie B W, Chen H Y, et al. Analysis of ore-controlling structure and prospecting of tectonogeochemistry in Jinshan Au-Ag mining area, Guangxi[J]. Geoscience, 2011, 25(3): 531-544.