

# 青海三岔河北金多金属矿地球化学异常特征 及找矿潜力分析

谈艳<sup>1</sup>, 张鑫利<sup>2</sup>, 王泰山<sup>2</sup>, 保善斌<sup>1</sup>, 赵伟<sup>1</sup>

(1. 青海省地质调查局, 青海 西宁 810000; 2. 青海省地质调查院, 青海 西宁 810000)

**摘要:**三岔河北金-多金属矿位于东昆仑多金属成矿带中段, 区内矿化主要赋存于青办食宿站组与沙松乌拉组之间的接触带, 矿化富集受北西西向断裂构造控制的特征明显, 围绕北西西向断裂构造带是寻找金矿化最直接的标志。区内金矿化的主要含矿岩性为构造蚀变岩, 铜多金属矿化的主要含矿岩性为千枚状板岩、大理岩。通过在三岔河北地区 3 处以 Au、Sn、Mo 为主的 1:5 万水系沉积物异常靶区(HS<sub>Z3</sub><sup>16</sup>、HS<sub>Z3</sub><sup>24</sup>、HS<sub>Z2</sub><sup>39</sup>)内实施 1:1 万土壤测量、槽探、钻探工程, 圈定出破碎蚀变带 4 条(Sb1、Sb2、Sb3、Sb4)、2 条金矿化体(M I-1、M III)、5 条多金属矿(化)体(M I-2、M II、M IV、M V、M VI)。通过 1:20 万水系沉积物测量-1:5 万水系沉积物地球化学测量-1:1 万土壤地球化学测量-地质及工程验证的化探综合找矿方法, 不断缩小找矿靶区, 取得了较好的找矿效果。其中, Sb1、Sb3 破碎蚀变带为构造蚀变岩型金矿, Sb2、Sb4 破碎蚀变带为与黑色岩系有关的钽钼矿及伴生铂族矿。通过进一步的工作, 有望找出一一定规模的与黑色岩系有关的钽钼矿及伴生铂族矿床和构造蚀变岩型金矿床。综上所述, 本区具有优越的成矿地质条件, 化探异常发育, 且已发现了较好的银多金属矿找矿信息, 充分展示出本区具较大的找矿潜力, 通过进一步工作, 有望取得较好的找矿成果。

**关键词:**水系沉积物测量; 土壤测量; 地球化学异常; 金多金属矿; 三岔河北; 青海省

中图分类号: P592

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2019)04-0170-12

## Geochemical Anomaly Characteristics and Prospecting Potential of Gold Polymetallic Deposits in Sanchahebei Area, Qinghai Province

TAN Yan<sup>1</sup>, ZHANG Xingli<sup>2</sup>, WANG Taishan<sup>2</sup>, BAO Shanbin<sup>1</sup>, ZHAO Wei<sup>1</sup>

(1. Qinghai Geological Survey, Xining 810000, Qinghai, China; 2. Qinghai Geological Survey Institute, Xining 810000, Qinghai, China)

**Abstract:** The Sanchahebei gold polymetallic deposit is located in the middle part of East Kunlun polymetallic metallogenic belt, and the mineralization in this area was mainly occurred in the contact zone between Qingbanshisu group and Shasongwula group. This mineralization was controlled by the NWW-trending fault, which is the most direct sign for prospecting gold mineralization. The gold mineralization is related to tectonic altered rock, while the copper polymetallic mineralization is related to phyllitic slate and marble in this mining area. After carrying out 1:

收稿日期: 2019-01-09; 修回日期: 2019-04-12

基金项目: 青海省地质勘查基金项目“青海省格尔木市三岔河北金多金属矿预查”(2016020046kc008)

作者简介: 谈艳(1990-), 女, 青海西宁人, 工程师, 硕士, 主要从事矿产项目管理工作。E-mail: jltiyandk@163.com

10000 soil survey, trenching and drilling engineering in the three Au, Sn and Mo anomaly target area ( $HS_{Z,3}^{16}$ 、 $HS_{Z,3}^{24}$ 、 $HS_{Z,2}^{39}$ ) of 1 : 50000 stream sediment, we marked out four fragmentation and alteration zones (Sb1, Sb2, Sb3, Sb4) and two gold mineralization bodies (M I -1, M III), five polymetallic bodies (M I -2, M II, M IV, M V, and M VI). Through using the comprehensive prospecting method of 1 : 200, 000 stream sediment measurement, 1 : 50, 000 stream sediment geochemical survey, 1 : 10, 000 soil geochemical survey geological and engineering verification, the ore prospecting target area has been narrowed continuously, and a good ore prospecting effect has been achieved. Among them, the fracture alteration type Au deposit has been found in Sb1 and Sb3 fragmentation and alteration zone, the vanadium, molybdenum deposits and associated platinum group deposits that related to black rock series have been discovered in Sb2 and Sb4 fragmentation and alteration zone. If the further work will be carried out, it is expected to find a certain scale of vanadium, molybdenum deposits and associated platinum group deposits that related to black rock series, as well as fracture alteration type Au deposit. In conclusion, the Sanchahebei area has excellent metallogenic geological conditions and developed geochemical anomalies, where has found good prospecting information for silver polymetallic deposit, showing that this area has a large ore prospecting potential and is expected to achieve good ore prospecting results by carrying out further work.

**Keywords:** Stream sediment survey; Soil survey; Geochemical anomaly; Gold polymetallic deposit; Sanchahebei; Qinghai Province

三岔河北隶属青海省格尔木市郭勒木德镇管辖,地处东昆仑山中段昆仑河—万保沟一带,位于东昆仑成矿带中部,属昆南金、铜、钼成矿带,是青海省内金、铜、多金属的成矿有利地区,具有形成各类金铜钨多金属矿床的潜力(王福德等,2018;李金超等,2015;张德全等,2001;袁万明等,2003;丁清峰,2004;李金超等,2015;刘建楠等,2016;祁生胜,2015;李智明等,2007;李金超,2017)。区内岩浆活动较为频繁,从加里东期至燕山期均有岩浆活动,区内各种矿(化)点及蚀变信息较为丰富,矿产种类主要为铜矿、金矿、赤铁矿、玉石等,成因类型主要为热液型、火山变质淋滤型、蚀变型、热水喷流沉积型等(韩光,2013;刘小花,2013;魏国廷等,2013;王建军等,2007;安海西等,2018;李根军等,2017;王泰山等,2016;刘赫显,2017;张凯等,2012)。三岔河北金多金属矿勘查属青海省格尔木市昆仑河整装勘查区,该区域内地质工作自20世纪50年代才开始,先后开展了以区域地质调查及玉石、金铜等多金属为主的矿产普查、勘探、科研工作,尤其是近几年,区内先后完成了不同尺度的区域地质调查、化探扫面工作,为区内开展地质找矿工作奠定了良好的基础(梁

坤先等,2016;赵娟等,2018;安国英,2013)。2010~2012年,青海省地质调查院开展的“青海省格尔木市昆仑河地区矿产远景调查”项目中,通过1:5万水系沉积物测量,圈定综合异常188处,异常主元素以Au、W、Cu为主,其中涉及到研究区的异常共有3处(梁坤先等,2016)。目前,区内发现的金铜矿及多金属矿化点正处于勘查阶段,在近年的找矿工作中主要是以构造蚀变岩型金矿为主攻矿种,2015年在拣块化学样中发现有Mo、V的显示,区域上与大干沟具有相似的找矿地质背景,具有进一步探索价值。由于自然地理、经济条件和交通较差,工作程度较低,资料较少,笔者旨在通过分析成矿地质背景、矿区地质特征,结合化探测量成果,为该区进一步找矿提供依据。

## 1 成矿地质背景

区域地层出露复杂,时代跨度大,海相、海陆交互相—陆相以及火山岩相等各种沉积的岩石类型均有分布。出露地层主要有中—晚元古代万保沟群( $Pt_{2-3}W$ )、早寒武世沙松乌拉组( $\epsilon_{1s}$ )、中—晚奥陶

世纳赤台群( $O_{2-3}N$ )、晚泥盆世牦牛山组( $D_3m^2$ )、早石炭世浩特洛哇组( $C_1hl$ )、早三叠世洪水川组( $T_1h$ )等。其中,中一晚元古代万保沟群( $Pt_{2-3}W$ )进一步划分为温泉沟组( $Pt_{2-3}W_1$ )、青办食宿站组( $Pt_{2-3}W_2$ ),与铜、金矿(化)有关的信息主要分布在温泉沟组( $Pt_{2-3}W_1$ )火山岩,而与铜、铁、玉石矿(化)有关的信息主要分布于青办食宿站组( $Pt_{2-3}W_2$ )。

本区经过多期次构造运动形成了一系列规模不等、性质不同的断裂构造。其中,北西—北西走向构造线为区内主干断裂,发育程度高、规模较大;北东—北东东向平移及次级断裂也十分发育,其分布具有一定的规律性。同时,区内韧性剪切带较为发育,北西、北西西走向的万保沟西支沟—温泉沟韧性剪切带(万保沟西支沟铜矿点、温泉沟沟脑铜金矿点)及没草沟口韧性剪切带(没草沟口铜矿化点)严格控制着矿(化)点及矿化线索的分布(丰成友等,2004;张德全等,2007;顾雪祥等,2018;曹凯等,2007;杜玉良等,2012;李杰等,2017)。

区内侵入岩丰富多样,以昆中断裂为界,由北至南分别为北昆仑岩浆带、东昆仑南坡岩浆带2个构造岩浆岩带。其中,东昆仑南坡岩浆岩带占主体,侵入岩出露形态各异,中酸性侵入岩主要以大型岩基、岩株形态出露,基性岩主要呈小型岩株状(杜玉良等,2012;李杰等,2017)。

## 2 矿区地质特征

矿区出露地层主要以中一晚元古代万保沟群( $Pt_{2-3}W$ )为主,其次为早寒武世沙松乌拉组( $\epsilon_1s$ )、早三叠世洪水川组( $T_1h$ )及第四系。中一晚元古代万保沟群( $Pt_{2-3}W$ )为区内出露面积最大地层之一,划分为温泉沟组( $Pt_{2-3}W_1$ )、青办食宿站组( $Pt_{2-3}W_2$ )。其中,温泉沟组( $Pt_{2-3}W_1$ )分布于矿区中南部,岩性为灰绿色、暗绿色变玄武岩夹安山玄武岩、浅灰绿色千枚岩等,与金矿化关系密切,是区内主要的含矿地层之一;青办食宿站组( $Pt_{2-3}W_2$ )主要分为灰岩段和白云岩段,是区内铜多金属的主要含矿地层之一。早寒武世沙松乌拉组( $\epsilon_1s$ )主要分布于矿区中部,岩性为长石岩屑砂岩、岩屑杂砂岩等。早三叠世洪水川组( $T_1h$ )分布于矿区中部,出露面积较

小,为一套海相碎屑岩建造,划分为下部砾岩段( $T_1h^1$ )和上部砂岩段( $T_1h^2$ )(图1)。

矿区北侧紧邻东昆中断裂,受其影响,区内构造变形强烈,断裂构造发育,以北西西向和近东西向断层为主。本区所有矿(化)体的富集与断裂构造的关系十分密切,主要受北西西向和北西向2组断裂控制,控制着矿(化)体的分布(展布),为区内主要控矿构造。韧性剪切带也较发育,从矿区中南部早寒武世沙松乌拉组中经过,走向北西向,带内变碳酸盐岩、变碎屑岩、变玄武岩均发生不同程度的糜棱岩化,为本区寻找构造蚀变岩型金矿的一个重要找矿标志。

区内出露的岩体主要为晚三叠世二长花岗岩( $T_3\eta\gamma$ )和花岗闪长岩( $T_3\gamma\delta$ ),呈北西向分布于区东北部和中部,脉岩主要为闪长玢岩。

矿区内圈定出破碎蚀变带4条( $Sb1$ 、 $Sb2$ 、 $Sb3$ 、 $Sb4$ ),2条金矿化体( $M I-1$ 、 $M III$ )、5条多金属矿(化)体( $M I-2$ 、 $M II$ 、 $M IV$ 、 $M V$ 、 $M VI$ )(图1)。

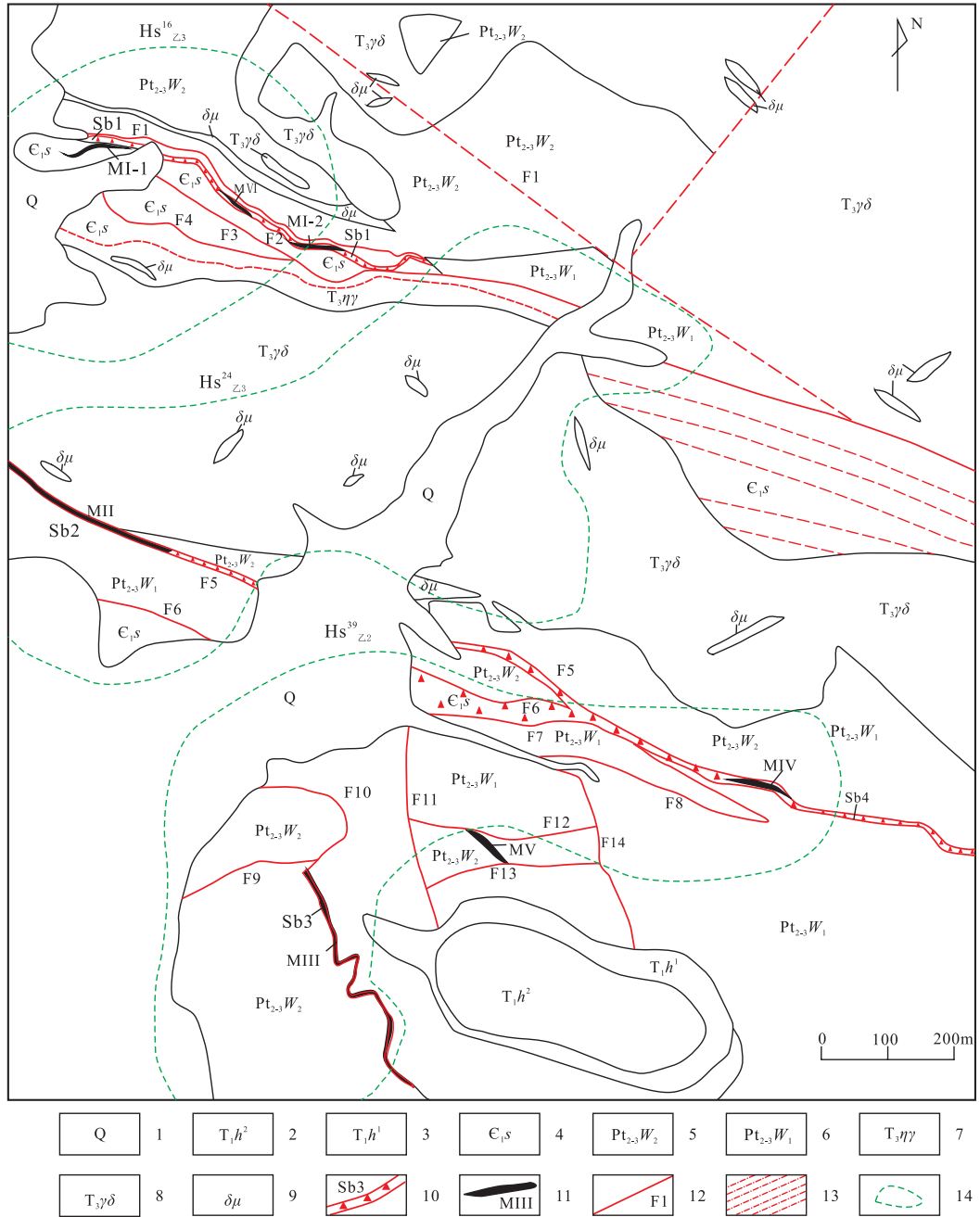
$Sb1$  金矿化蚀变带:出露岩性主要为褐铁矿化硅化灰岩、碎裂岩、褐铁矿化千枚岩;蚀变主要为硅化(硅化脉呈网格状产出),矿化主要为褐铁矿化,呈浸染状、薄膜状产出,局部具蜂窝状产出,圈定金矿化体1条( $M I-1$ )、钼矿化体1条( $M I-2$ )、铜矿体1条( $M VI$ )。

$Sb2$  钼矿化蚀变带:出露于花岗闪长与绿泥片岩的接触部位,带内出露岩性为灰黑色碎裂岩,宽约3 m,长约1.4 km,圈定出  $Mo$  矿化体1条( $M II$ )。

$Sb3$  金矿化蚀变带:出露于大理岩与玄武岩的接触部位,蚀变主要为硅化、碳酸盐化,矿化主要为褐铁矿化,呈粉末状、条带状产出。圈定出金矿化体1条( $M III$ )、铜铅银矿体1条( $M V$ )。

$Sb4$  钼矿化蚀变带:出露于绿泥片岩与大理岩的接触部位,带内岩石成灰黑色,主要为一套变质粉砂岩、灰岩组成,岩石节理裂隙发育,局部破碎,呈碎块状产出,圈定出钼矿化体1条( $M IV$ )。

矿石类型有金矿矿石、方铅矿石、辉钼矿矿石、铜矿石、磁铁矿石。矿石结构主要为他形晶粒状结构、土状结构、鳞片变晶结构、交代假象结构。矿石构造类型主要为脉状构造、星点状构造、土状构造、稀疏浸染状构造。



1. 第四系; 2. 早三叠世洪水川组上部砂岩段; 3. 早三叠世洪水川组下部砾岩段; 4. 早寒武世沙松乌拉组; 5. 中一晚元古代万保沟群青办食宿站组; 6. 中一晚元古代万保沟群温泉沟组; 7. 晚三叠世二长花岗岩; 8. 晚三叠世花岗闪长岩; 9. 闪长玢岩; 10. 蚀变带; 11. 矿体; 12. 断层; 13. 韧性剪切带; 14. 1 : 5 万水系综合异常范围

图 1 三岔河北金多金属矿区地质图

Fig. 1 Geological map of Sanchahebei gold polymetallic mining area

### 3 地球化学特征

#### 3.1 地球化学景观特征

三岔河北地区地球化学景观较为复杂, 主体属

于青东北—西藏狮泉河半干旱草原荒漠区青藏高原半干旱草原亚区(赵娟等, 2004)。该景观区物理风化与化学风化作用并存。水搬运是造成该区表生物质在区域性大规模迁移的主要方式, 古冰川和现代河流的接替搬运使矿化物质混入造成的水系

沉积物异常流长加大。区域内树枝状、网格状水系发育,水系沉积物中所携带的物质成分在一定程度上能反应出该区地质体中的物质组分(梁坤先等,2016)。

### 3.2 1:20万水系沉积物异常特征

本区地球化学调查主要以水系沉积物测量为主,Au、Ba、Bi、Co、Cu、Mo、Ni、Zn、W、Sb等元素丰度较高,富集成矿可能性大的元素有Au、W、Bi、Pb、Sb、As、Cu、Co、Hg、Zn、Sn、Ag。在重砂测量中发现了众多Au、W异常,通过地质勘查工作,发现了特大型、大型、中型及小型金矿床和大型钴矿床数处;Sb的成矿潜力已在异常检查中得到印证,已发现中型矿床及矿(化)点多处;Pb在区内已有多处成矿点或矿化;Bi异常多与W异常相伴生,除具有寻找岩浆热液型W、Sn矿床的指示作用外,也有独立成矿的可能(梁坤先等,2016)。

通过1:20万水系沉积物测量,在区内圈定2处以Au、Cu、Mo等元素为主的综合异常,异常总体强度高,浓集趋势明显,各元素套合程度高(表1)。

表1 昆仑河地区1:20万水系沉积物综合异常特征表

Tab.1 Comprehensive anomaly characteristics of 1:200000 streamsediment survey

异常编号	位置	异常组合	主元素规模 ( $m^2 \cdot 10^{-6}/m^2 \cdot 10^{-9}$ )	平均 衬度
AS <sub>Z<sub>3</sub></sub> <sup>40</sup>	温泉沟	Cu、As、Au、Ti、 V、Sb、Co	224	1.60
AS <sub>Z<sub>3</sub></sub> <sup>65</sup>	青办食宿站北	Sn、Th、U、Au、Mo	119	1.35

注:Au含量为 $10^{-9}$ ;其他元素 $10^{-6}$ 。

其中,青办食宿站AS<sub>Z<sub>3</sub></sub><sup>65</sup>(Sn、Th、U、Au、Mo)异常涉及三岔河北地区,位于青办食宿站北侧的万保沟东支沟中异常呈不规则椭圆状,近东西向展布,长8 km,宽7.8 km,异常面积达48 km<sup>2</sup>。元素组合除Sn、Th、U、Au、Mo外,还有Cr、Ni、Co、Cu、V、Ti等。该异常规模较大,强度较高。异常区出露的地层有中新元古代万保沟群温泉沟组、青办食宿站组及早三叠世洪水川组,且断裂发育,对成矿较为有利,分散晕异常显示较好。各元素引起异常的原因不相同。例如,Cr、Ni、Co异常是由片理化玄武岩所引起,Pb、Ba元素可能由岩浆岩与条带状硅质灰岩、

白云岩接触交代所引起。

### 3.3 1:5万水系沉积物异常特征

通过在昆仑河地区开展的1:5万水系沉积物测量工作,圈定了异常188处,其中以Au、Sn、Mo为主的水系沉积物异常重现性较好,在三岔河北地区内圈出了(HS<sub>Z<sub>3</sub></sub><sup>16</sup>、HS<sub>Z<sub>3</sub></sub><sup>24</sup>、HS<sub>Z<sub>2</sub></sub><sup>39</sup>)3处异常,各元素套合较好,浓集中心明显(图2~图4)。

(1)HS<sub>Z<sub>3</sub></sub><sup>16</sup> Mo(Au、Sn)综合异常。异常呈椭圆状展布,近东西走向,面积为2.4 km<sup>2</sup>。以Mo元素为主,伴有Sn、Au,各元素异常套合好、强度高。Mo峰值为 $8.27 \times 10^{-6}$ ,Sn峰值为 $6.6 \times 10^{-6}$ ,Au峰值为 $5.2 \times 10^{-9}$ 。异常北侧出露中一晚元古代万保沟群青办食宿站组(Pt<sub>2-3</sub>W<sub>2</sub>)灰白色大理岩,中部出露沙松乌拉组( $\epsilon_1s$ )长石石英砂岩,南部为花岗闪长岩(图2、表2)。

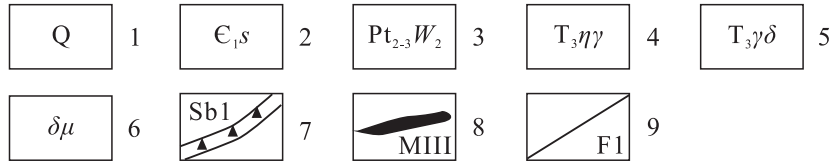
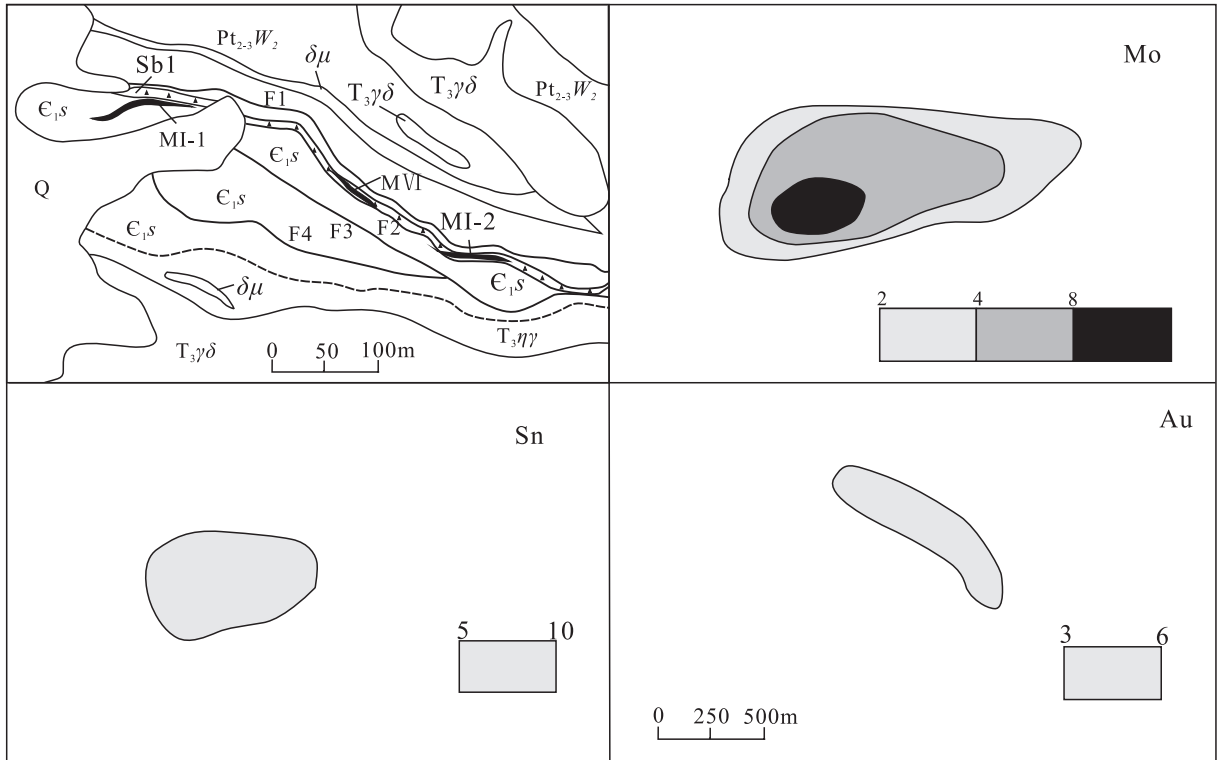
表2 HS<sub>Z<sub>3</sub></sub><sup>16</sup> Mo(Au、Sn)异常特征参数表

Tab.2 Abnormal characteristic parameters of HS<sub>Z<sub>3</sub></sub><sup>16</sup> Mo(Au、Sn)

元素	Au	Mo	Sn
异常下限	3.00	2.00	5.00
最大值	5.20	8.27	6.60
平均值	4.75	5.49	6.10
标准偏差	0.64	1.90	0.53
面积	0.17	0.76	0.28
相对标准差	0.13	0.35	0.09
衬度	1.58	2.74	1.22
异常规模	0.27	2.09	0.34
相对规模	9.98	77.35	12.67

注:Au含量为 $10^{-9}$ ;其他元素含量为 $10^{-6}$ 。

(2)HS<sub>Z<sub>3</sub></sub><sup>24</sup> Sn(Au、Mo、Cr、Co、Ti)综合异常。异常呈椭圆状,近东西走向,异常面积为4.67 km<sup>2</sup>。异常以Sn元素为主,伴有Au、Mo、Cr、Co、Ti,各元素相互套合。Sn峰值为 $8.4 \times 10^{-6}$ ,Au峰值为 $9.40 \times 10^{-9}$ ,Mo峰值为 $7.06 \times 10^{-6}$ ,Cr峰值为 $392 \times 10^{-6}$ ,Co峰值为 $49.3 \times 10^{-6}$ ,Ti峰值为 $10117 \times 10^{-6}$ 。异常展布方向与F5断裂走向一致,异常区中部出露中晚元古代温泉沟组(Pt<sub>2-3</sub>W<sub>1</sub>)暗灰绿色蚀变玄武岩夹安山岩和青办食宿站组(Pt<sub>2-3</sub>W<sub>2</sub>)灰岩,东北部出露晚三叠世花岗闪长岩,西部为第四系覆盖(图3、表3)。



1. 第四系; 2. 早寒武世沙松乌拉组; 3. 中—晚元古代万保沟群青办食宿站组; 4. 晚三叠世二长花岗岩; 5. 晚三叠世花岗岩闪长岩; 6. 闪长玢岩; 7. 蚀变带; 8. 矿体; 9. 断层

图 2 HS<sub>Z<sub>3</sub></sub><sup>16</sup> Mo(Au, Sn)异常剖析图

Fig. 2 Anomaly profile of HS<sub>Z<sub>3</sub></sub><sup>16</sup> Mo(Au, Sn)

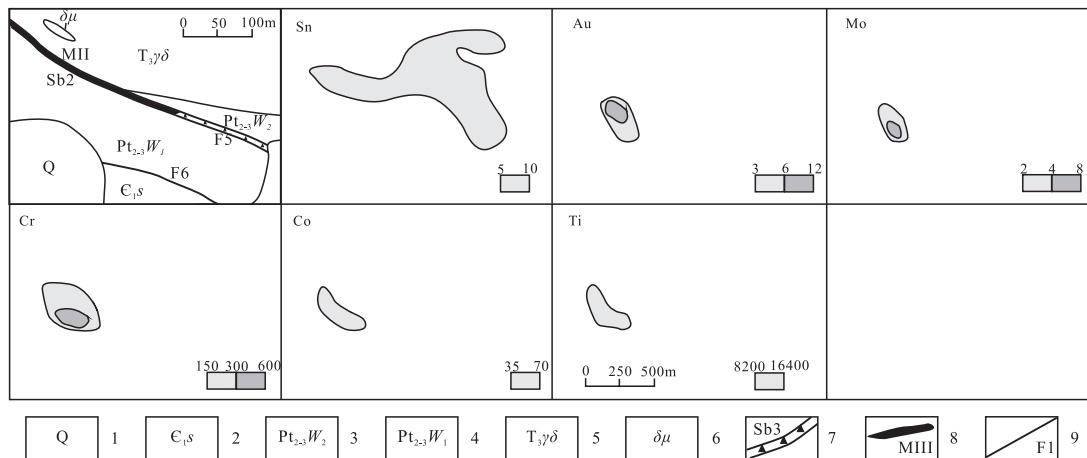
表 3 HS<sub>Z<sub>3</sub></sub><sup>24</sup> Sn(Au, Mo, Cr, Co, Ti)异常特征参数表

Tab. 3 Abnormal characteristic parameters of HS<sub>Z<sub>3</sub></sub><sup>24</sup> Sn(Au, Mo, Cr, Co, Ti)

元素	Au	Co	Cr	Mo	Sn	Ti
异常下限	3.00	35.00	150.00	2.00	5.00	8 200.00
最大值	9.40	49.30	392.00	7.06	8.40	10 117.00
平均值	5.94	43.87	324.25	4.35	6.33	9 503.00
标准偏差	2.70	7.12	61.61	1.87	0.96	775.14
面积	0.72	0.25	0.56	0.20	2.51	0.26
相对标准差	0.45	0.16	0.19	0.43	0.15	0.08
衬度	1.98	1.25	2.16	2.17	1.27	1.16
异常规模	1.43	0.31	1.21	0.43	3.18	0.30
相对规模	20.77	4.57	17.64	6.34	46.29	4.39

注: Au 含量为 10<sup>-9</sup>; 其他元素含量为 10<sup>-6</sup>。

(3) HS<sub>Z<sub>2</sub></sub><sup>39</sup> Mo, As (Au, Cu, Cr, Ni, Ti, Co) 综合异常。异常呈椭圆形, 近东西走向, 异常面积为 4.45 km<sup>2</sup>。异常以 Mo, As 元素为主元素, 伴生元素为 Au, Cu, Cr, Ni, Ti。主元素 Mo 峰值为 12.9 × 10<sup>-6</sup>, As 峰值为 1 127 × 10<sup>-6</sup>, 伴生元素 Au 峰值为 8.9 × 10<sup>-9</sup>, Cu 峰值为 107 × 10<sup>-6</sup>, Cr 峰值为 633 × 10<sup>-6</sup>, Ni 峰值为 402 × 10<sup>-6</sup>, Ti 峰值为 10 247 × 10<sup>-6</sup>, 各元素相互套合。异常区主要出露岩性为中元古代青办食宿站组 (Pt<sub>2-3</sub>W<sub>2</sub>) 的灰白色白云质大理岩和温泉沟组 (Pt<sub>2-3</sub>W<sub>1</sub>) 浅灰绿色蚀变玄武岩, 东部出露少量砂板岩, 发育大量递变层理, 岩性为厚层含砾岩屑砂岩与板岩互层、岩屑砂岩、粉砂岩与板岩互层, 西部少量区域为第四系覆盖 (图 4、表 4)。



1. 第四系; 2. 早寒武世沙松乌拉组; 3. 中一晚元古代万保沟群青办食宿站组; 4. 中一晚元古代万保沟群温泉沟组; 5. 晚三叠世花岗岩闪长岩; 6. 闪长玢岩; 7. 蚀变带; 8. 矿体; 9. 断层

图3 HS<sub>23</sub> Sn(Au, Mo, Cr, Co, Ti)异常剖析图

Fig. 3 Anomaly profile of HS<sub>23</sub> Sn(Au, Mo, Cr, Co, Ti)

表4 HS<sub>22</sub> Mo, As(Au, Cu, Cr, Ni, Ti, Co)异常特征参数表

Tab. 4 Abnormal characteristic parameters of HS<sub>22</sub> Mo, As(Au, Cu, Cr, Ni, Ti, Co)

元素	As	Au	Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Ti
异常下限	50.00	3.00	35.00	150.00	70.00	2.00	100.00	8 200.00
最大值	1 127.00	8.90	45.20	633.00	107.00	12.90	402.00	10 247.00
平均值	162.18	5.44	40.12	346.30	85.33	3.79	217.20	9 191.80
标准偏差	304.35	2.06	3.80	116.13	19.16	2.91	79.64	612.50
面积	0.96	1.30	0.76	1.88	0.46	1.40	1.81	0.89
相对标准差	1.88	0.38	0.09	0.34	0.22	0.77	0.37	0.07
衬度	3.24	1.81	1.15	2.31	1.22	1.90	2.17	1.12
异常规模	3.11	2.36	0.87	4.34	0.56	2.65	3.93	1.00
相对规模	16.54	12.52	4.63	23.06	2.98	14.10	20.88	5.30

注: Au 含量为 10<sup>-9</sup>; 其他元素含量为 10<sup>-6</sup>。

### 3.4 1:1 万土壤异常特征

针对 1:5 万水系沉积物异常开展查证工作, 优选了 HS<sub>16</sub><sub>Z3</sub>、HS<sub>24</sub><sub>Z3</sub>、HS<sub>39</sub><sub>Z2</sub> 3 处水系异常, 选择异常的浓集中心及土壤较为发育地段, 利用 1:1 万面积性土壤测量工作进一步解剖水系沉积物异常, 追索异常源。按异常区介绍如下。

(1) HS<sub>16</sub><sub>Z3</sub> Mo(Au, Sn)异常区 1:1 万土壤异常特征。元素组合以 Au, Ag, Mo, Sn 为主, 共圈定综合异常 18 处, 即 AP1~AP18。其中, 乙<sub>1</sub>类异常 6 处, 乙<sub>2</sub>类 2 处, 丙类异常 10 处。异常呈带状展布, 元素种类较多, 套合较好, 异常峰值高, 主要元素均有三级浓度分带, 异常浓集中心明显, 主元素 Au 峰值为 277×10<sup>-9</sup>, Ag 峰值为 2 283×10<sup>-9</sup>, Mo 峰值

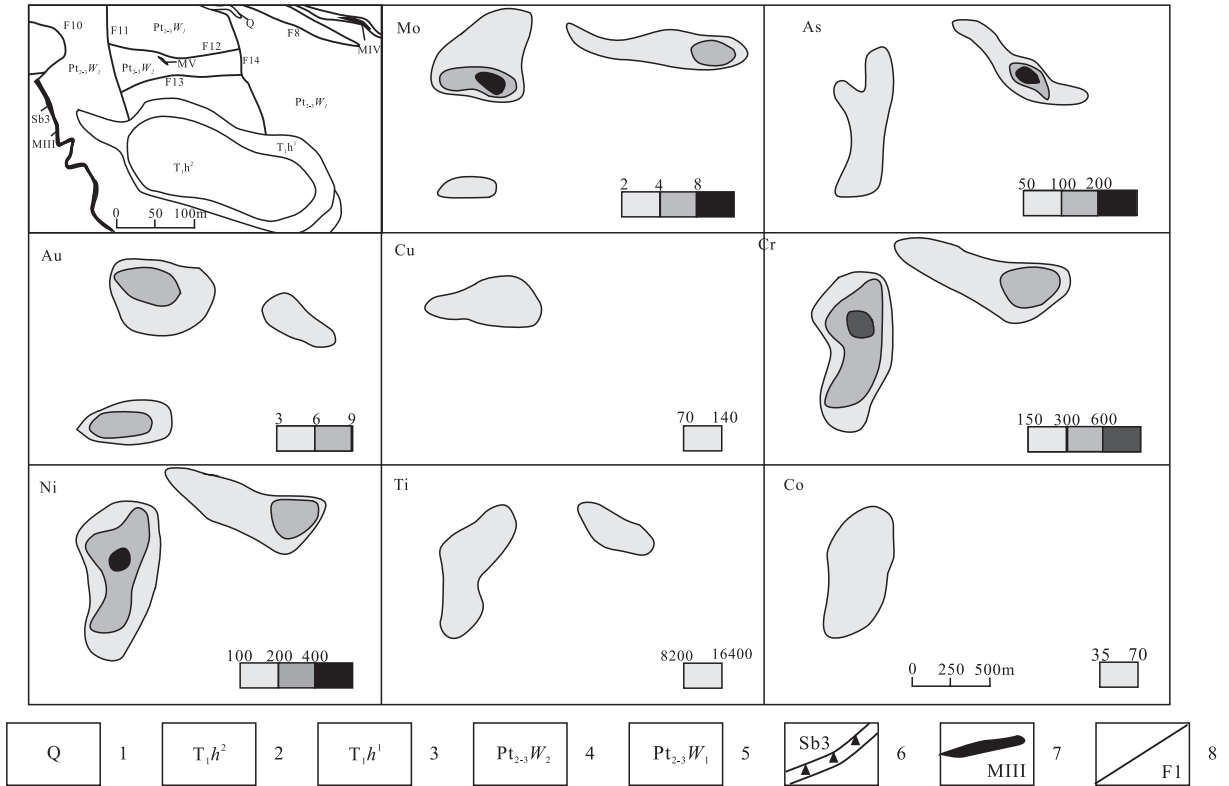
为 99.3×10<sup>-6</sup>, Cu 峰值为 6 634×10<sup>-6</sup>。

异常分布于早寒武世沙松乌拉组中(∈<sub>1s</sub>)与中一晚元古代万保沟群青办食宿站组(Pt<sub>2-3</sub>W<sub>2</sub>)灰岩、硅化灰岩接触带, 构造变形较强, 异常浓集中心多见褐铁矿化硅化灰岩、褐铁矿化千枚岩等。其中, 千枚岩中多见石英脉分布, 且沿石英脉周围褐铁矿化较强。

(2) HS<sub>24</sub><sub>Z3</sub> Sn(Au, Mo, Cr, Co, Ti)异常区 1:1 万土壤异常特征。圈出 1 处综合异常, 即 AP1, 以 Au, Ag, Mo 为主, 异常呈不规则状展布, 范围较大, 元素种类较多, 套合一般, 主要元素均有三级浓度分带, 浓集中心明显。主元素 Au 峰值为 24.4×10<sup>-9</sup>, 另外伴生元素 Ag 峰值为 1 781×10<sup>-9</sup>, Mo 峰值为 79.9×10<sup>-6</sup>。异常区出露地层为万保沟群及沙松乌拉组, 岩性主要为灰岩、玄武岩、长石岩屑砂岩、千枚岩。

(3) HS<sub>39</sub><sub>Z2</sub> Mo, As(Au, Cu, Cr, Ni, Ti)异常区 1:1 万土壤异常特征。圈出以 Au, Mo, Sb, Pb 等为主元素的土壤异常 13 处, 即 AP1~AP13, 主元素 Au 峰值达 387×10<sup>-9</sup>, As 峰值达 9 103×10<sup>-6</sup>, Ag 峰值达 1 701×10<sup>-9</sup>, 异常相互套合较好, 浓集中心明显, 异常规模较大, 强度高(图 4)。

异常分布于中晚元古代万保沟群青办食宿站组和温泉沟组接触部位, 受断层控制明显, 出露构造岩为碎裂岩, 并发育一套灰黑色沙松乌拉组变质粉砂岩、灰岩。



1. 第四系; 2. 早三叠世洪水川组上部砂岩段; 3. 早三叠世洪水川组下部砾岩段; 4. 中一晚元古代万保沟群青办食宿站组; 5. 中一晚元古代万保沟群温泉沟组; 6. 蚀变带; 7. 矿体; 8. 断层

图 4 HS<sub>22</sub> Mo、As(Au、Cu、Cr、Ni、Ti、Co)异常剖析图

Fig. 4 Anomaly profile of HS<sub>22</sub> Mo、As(Au、Cu、Cr、Ni、Ti、Co)

## 4 工程验证

研究区采用地化手段初步查明了异常源,并对圈定的 HS<sub>23</sub><sup>16</sup>、HS<sub>23</sub><sup>24</sup>、HS<sub>22</sub><sup>39</sup> 3 个异常区及发现的矿化线索进行了查证,通过实施槽探、钻探工程,圈定出破碎蚀变带 4 条(Sb1、Sb2、Sb3、Sb4),2 条金矿化体(M I-1、M III)、5 条多金属矿(化)体(M I-2、M II、M IV、M V、M VI)。

首先,在 HS<sub>23</sub><sup>16</sup> Mo(Au、Sn)异常区内圈出金矿化蚀变带 1 条 Sb1,长约 1.2 km,宽 5~15 m,蚀变主要为硅化(硅化脉呈网格状产出),矿化主要为褐铁矿化,呈浸染状、薄膜状产出,局部具蜂窝状产出。该蚀变带内圈出 2 条金矿化体(M I-1、M I-2),1 条铜矿体(M VI)。其中,M I-1 金矿化体,由 TC22、TC56、TC57、TC19 四条槽探工程控制,深部由 ZK001 钻探工程控制(图 5),长约 350 m,宽 9~15 m 不等,赋矿岩性为褐铁矿化碎裂岩、硅化灰岩,

Au 最高品位为  $0.49 \times 10^{-6}$ ,平均品位为  $0.14 \times 10^{-6}$ ;M I-2 钼矿化体位于蚀变带的东侧,由 TC65、ZK002 控制,长约 160 m,宽约 4.3 m,Mo 最高品位为  $0.035 \times 10^{-2}$ ,平均品位为  $0.03 \times 10^{-2}$ ; Au 亦有显示,Au 最高品位为  $0.26 \times 10^{-6}$ 。含矿岩性为灰黑色碎裂岩,围岩为绿泥片岩。矿化主要为呈条带状、粉末状、蜂窝状褐铁矿化;M VI 铜矿体由 TC53 控制,位于 Sb1 金矿化蚀变带中部,长约 160 m,厚 2 m,Cu 最高品位为  $1.48 \times 10^{-2}$ ,最低品位为  $0.38 \times 10^{-2}$ ,其赋矿岩性为碎裂岩化千枚状板岩。

在 HS<sub>23</sub><sup>24</sup> Sn(Au、Mo、Cr、Co、Ti)异常区内圈出钼矿化蚀变带 1 条 Sb2,长约 1.4 m,宽 3 m。通过 TC14、TC55 揭露控制,在该异常区内圈出钼矿化体 1 条 M II,长约 600 m,宽 2.3 m,Mo 最高品位为  $0.032 \times 10^{-2}$ ,平均品位为  $0.017 \times 10^{-2}$ ,随后对 M II 钼矿化体采集拣块样,其中有 2 个样显示 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 达到边界品位(0.61%、0.21%),并且伴生的 Pt、Pd 同时达到边界品位(Pt:  $13.3 \times 10^{-9}$ 、 $15.4 \times 10^{-9}$ ,



Pd:  $34.7 \times 10^{-9}$ 、 $36.5 \times 10^{-9}$ ), 赋矿岩性为一套黑色含碳质板岩。

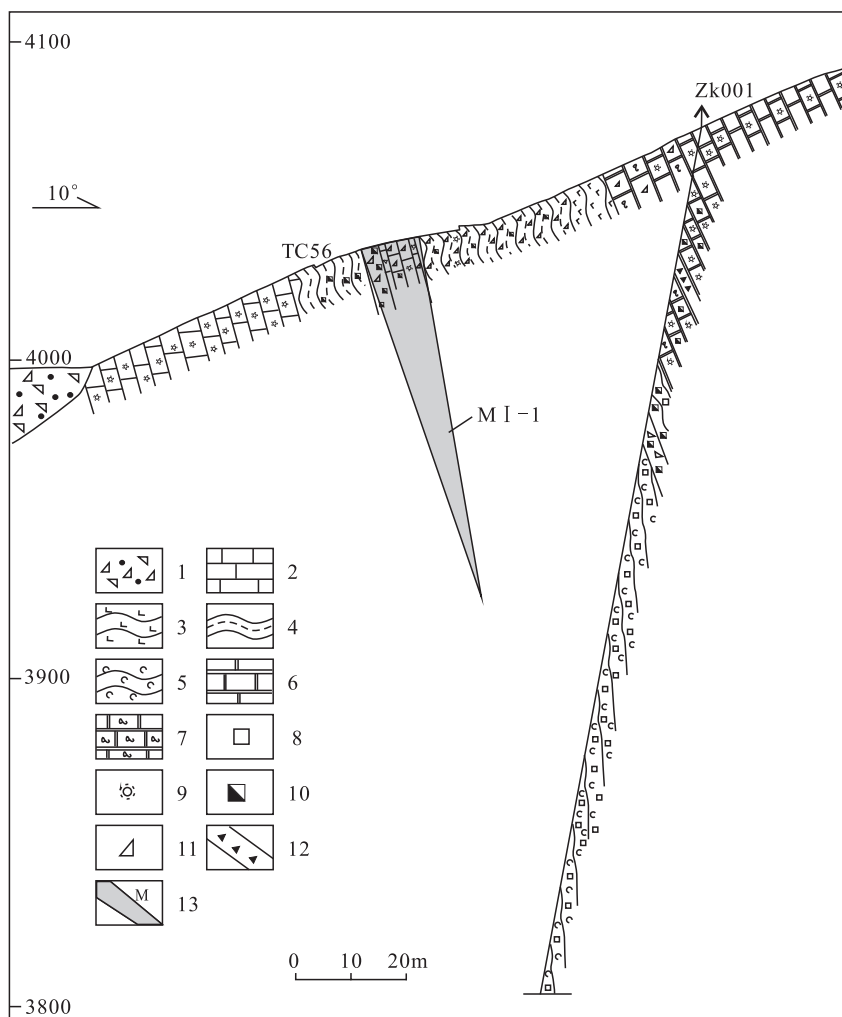
在  $HS_{Z_2}^{39}$  Mo、As(Au、Cu、Cr、Ni、Ti、Co) 异常区内圈出金矿化蚀变带 Sb3、钼矿化蚀变带 Sb4。其中, Sb3 蚀变带长约 1.2 km, 宽约 2~5 m, 主要为硅化、碳酸盐化, 矿化主要为褐铁矿化, 褐铁矿化呈粉末状、条带状产出, 并见有少量星点状的黄铁矿, 圈出 MIII 金矿化体 1 条, MV 铜铅银矿体 1 条; Sb4 位于 Sb3 蚀变带东侧, 长约 1.8 km, 宽约 20~30 m, 含矿岩性为灰黑色碎裂岩, 蚀变主要为碎裂岩化、硅化, 圈出钼矿化体 1 条(MIV) 产于万保沟群青办食宿站组大理岩中, 岩石节理裂隙发育, 沿裂隙孔雀石化成粉末状、薄膜状、团块状分布, 偶见有星

点状方铅矿, 方铅矿多已氧化。

MIII 金矿化体。通过 TC1、TC2、TC3、TC4、TC35 四条槽探控制, 长约 650 m, 厚 1~2 m, 赋矿岩性为碎裂岩, 蚀变主要以碳酸岩化, 硅化为主, 矿化为褐铁矿化。Au 最高品位为  $0.73 \times 10^{-6}$ , 平均品位为  $0.29 \times 10^{-6}$ 。

MIV 钼矿化体。通过 TC28 控制, 长约 160 m, 宽约 2.89 m, 含矿岩性为灰黑色碎裂岩, 蚀变主要为碎裂岩化、硅化, Mo 最高品位为  $0.018 \times 10^{-2}$ 。

MV 铜铅银矿体。由 TC46 控制, 长约 160 m, 厚 10.23 m, 岩石节理裂隙发育, 沿裂隙孔雀石化成粉末状、薄膜状、团块状分布, 偶见有星点状方铅矿, 方铅矿多已氧化。



1. 第四系残坡积层; 2. 灰岩; 3. 钙质板岩; 4. 千枚状板岩; 5. 含碳质板岩; 6. 大理岩; 7. 条带状大理岩; 8. 黄铁矿化; 9. 硅化; 10. 褐铁矿化; 11. 碎裂岩化; 12. 构造角砾岩; 13. 矿体

图 5  $HS_{Z_3}^{16}$  Mo(Au, Sn) 异常区 ZK001 钻孔剖面图

Fig. 5 The ZK001 drill section drawing of  $HS_{Z_3}^{16}$  Mo(Au, Sn) abnormal area

## 5 找矿潜力分析

近年来,通过对东昆仑地区矿产资源调查,取得了较好的进展,区域上在1:5万水系沉积物HS51异常区发现铜金山岩浆热液型铜钨矿1处,在HS25异常区发现大灶火-黑刺沟金矿构造蚀变岩型金矿1处,以上矿床与本区在成矿地质背景上较为相似,找矿潜力较大(韩光,2013;刘小花,2013;魏国廷等,2013;王建军等,2007;安海西等,2018;李根军等,2017;王泰山等,2016;刘赫显,2017;张凯等,2012)。另外,在区域内发现二道沟石英脉型钨矿、黑海北金矿、温泉沟脑、大干沟钒钼矿及黑色岩系V-Mo-PGE矿床(陈巧妹等,2018;田涛等,2018;叶杰等,2000)。

区内金矿化主要赋存于青办食宿站组与沙松乌拉组之间的接触带(破碎蚀变带),地表多呈黄褐色、浅红褐色,易识别,因此,这类破碎带是区内的直接找矿标志。本区金矿化的富集受北西西向断裂构造控制特征明显,围绕北西西向断裂构造带是寻找金矿化最直接的标志。区内金矿化的主要含矿岩性为构造蚀变岩,蚀变主要为硅化、高岭土化、糜棱岩化;铜多金属矿化的主要含矿岩性为千枚状板岩、大理岩,蚀变为强片理化。

矿区1:5万水系沉积物异常和1:1万土壤异常的重现性极好,Au元素异常分布区,特别是三级浓度分带清晰,浓集中心明显,峰值高或异常前突部位是找金的重要异常标志,对地质找矿的指示作用十分明显。目前,区内1:1万土壤异常共有32处,大部分异常已被查证,且已发现了诸多的矿化事实。而HS39号异常区东侧的AP8、AP11、AP13、AP14号等Pb、Zn异常由于受地貌景观(碎石流)、交通条件差等因素的影响,异常并未作进一步的检查,进一步找矿空间较大。

HS<sub>Z2</sub><sup>39</sup>异常区内虽圈出了金矿化蚀变带、金矿化体,但通过后期的地表追索,深部验证,并未发现金矿化富集地段,该异常区寻找构造蚀变岩型金矿乏力,前景有限。

HS<sub>Z3</sub><sup>24</sup>异常区内圈出了1条矿化蚀变带Sb2,并发现了1条钼矿化体MII。通过后期进一步追索,捡块样分析结果中有钒及伴生铂钯的显示,其特征与大干沟含钒、钼、铂钯矿黑色岩系类似,而且二者之间比邻同居,同处在东昆仑中段南坡俯冲增生杂岩带。该地段具有寻找与黑色岩系有关的钒钼多金

属矿的潜力,具有进一步工作的价值。

HS<sub>Z2</sub><sup>39</sup>异常区内圈出了金矿化蚀变带1条Sb3,钼矿化蚀变带1条Sb4,金矿化体1条MIII,钼矿化体1条MIV,铜多金属矿体1条MIV。其中,MIII金矿化体受地形条件、施工难度、钻探工作量等因素的限制,并未进行深部验证,今后工作中应予以关注;MIV铜多金属矿体由于规模有限、局部富集等原因,进一步工作意义不大;而钼矿化蚀变带Sb4与Sb2应属同一条带,这2条带岩性主要为一套含碳质板岩,围绕这2条带圈定了多处呈串珠状展布的Mo土壤异常,并发现了钼矿化体,同时实施的1:5000激电中梯剖面中可圈出1条激电异常带,因此该地段具有寻找与黑色岩系有关的钒钼多金属矿的潜力,具有进一步工作的价值。

综上所述,三岔河北Sb1、Sb3破碎蚀变带为构造蚀变岩型金矿床,Sb2、Sb4破碎蚀变带为与黑色岩系有关的钒钼矿及伴生铂族矿床,建议后期工作将重点区域放在Sb2、Sb4破碎蚀变带,兼顾Sb1、Sb3破碎蚀变带的金矿化,通过进一步的工作有望寻找出一定规模的与黑色岩系有关的钒钼矿及伴生铂族矿床和构造蚀变岩型金矿床。

## 6 结论

(1)通过1:20万水系沉积物测量发现找矿靶区,并进行1:5万水系沉积物测量加密,在三岔河北地区分解出3处异常(HS<sub>Z3</sub><sup>16</sup>、HS<sub>Z3</sub><sup>24</sup>、HS<sub>Z2</sub><sup>39</sup>),对该3处重点异常布置1:1万土壤测量,缩小找矿靶区,发现了不同元素组合的土壤异常,通过槽探、钻探工程验证,发现2条金矿化体、5条多金属矿(化)体。

(2)在三岔河北地区1:5万水系沉积物3处以Au、Sn、Mo为主异常靶区(HS<sub>Z3</sub><sup>16</sup>、HS<sub>Z3</sub><sup>24</sup>、HS<sub>Z2</sub><sup>39</sup>)中,HS<sub>Z3</sub><sup>16</sup>号异常地表圈定Sb1蚀变带,2条金矿化体(MI-1、MI-2),1条铜矿体(MVI);在HS<sub>Z3</sub><sup>24</sup>号异常中圈定Sb2蚀变带,1条钼矿化体(MII);在HS<sub>Z2</sub><sup>39</sup>号异常中圈定Sb3、Sb4两条破碎蚀变带,1条金矿化体(MIII),1条铜铅银矿体(MV),1条钼矿化体(MIV)。

(3)三岔河北地区Sb1、Sb3破碎蚀变带为构造蚀变岩型金矿床,Sb2、Sb4破碎蚀变带为与黑色岩系有关的钒钼矿及伴生铂族矿床,该区具有寻找出以上两类矿床的潜力。

## 参考文献(References):

- 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 Fude, LI Yunping, JIA Yanhui. Metallogenic regularity and prospecting direction of gold deposits in Qinghai, China[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2018, 40(2): 162-175.
- 李金超,杜玮,孔会磊,等. 青海东昆仑及邻区成矿单元划分[J]. 世界地质, 2015, 34(3): 664-674.
- LI Jinchao, DU Wei, KONG Huilei, et al. Division of metallogenic units in East Kunlun and its adjacent area[J]. Global Geology, 2015, 34(3): 664-674.
- 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.
- ZHANG Dequan, FENG Chengyou, LI Daxin, et al. Orogenic gold deposits in the north Qaidam and east Kunlun orogen, West China[J]. Mineral Deposits, 2001, 20(2): 137-146.
- 袁万明,莫宣学,王世成,等. 东昆仑金成矿作用与区域构造演化的关系[J]. 地质与勘探, 2003, 39(3): 5-8.
- YUAN Wanming, MO Xuanxue, WANG Shicheng, et al. The relationship between gold mineralization and regional tectonic evolution in the eastern Kunlun Mountains[J]. Geology and Prospecting, 2003, 39(3): 5-8.
- 丁清峰. 东昆仑造山带区域成矿作用与矿产资源评价[D]. 长春: 吉林大学, 2004.
- DING Qingfeng. Metallogenesis and Mineral Resources Assessment in Eastern Kunlun Orogenic Belt[D]. Changchun: Jilin University, 2004.
- 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, 51(6): 1079-1088.
- LI Jinchao, DU Wei, CHENG Yongsheng, et al. Characteristics of gold deposit and ore-control factors in the east Kunlun mineralization belt, Qinghai province[J]. Geology and Exploration, 2015, 51(6): 1079-1088.
- 刘建楠,丰成友,肖克炎,等. 东昆仑成矿带成矿特征与资源潜力分析[J]. 地质学报, 2016, 90(7): 1364-1376.
- LIU JianNan, FENG Chengyou, XIAO Keyan, et al. Mineralization characteristics and resource potential analysis of the East Kunlun metallogenic belt[J]. Acta Geologica Sinica, 2016, 90(7): 1364-1376.
- 祁生胜. 青海省东昆仑造山带火成岩岩石构造组合与构造演化[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2015.
- QI Shengsheng. Petrotectonic assemblages and tectonic evolution of the East Kunlun orogenic belt in Qinghai Province[D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing), 2015.
- 李智明,薛春纪,王晓虎,等. 东昆仑区域成矿特征及有关找矿突破问题分析[J]. 地质论评, 2007, 53(5): 708-718.
- LI Zhiming, XUE Chunji, WANG Xiaohu, et al. Features of regional mineralization and analysis of the exploration development in the eastern Kunlun Mountains[J]. Geological Review, 2007, 53(5): 708-718.
- 李金超. 青海东昆仑地区金矿成矿规律及成矿预测[D]. 西安: 长安大学, 2017.
- LI Jinchao. Metallogenic regularity and metallogenic prognosis of gold deposit in the East Kunlun Orogen, Qinghai Province[D]. Xi'an: Chang'an University, China, 2017.
- 韩光. 青海东昆仑黑海北地区金成矿地质特征研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2013.
- HAN Guang. Study on the Geological Characteristics of Gold Mineralization in Heihaibe Region, East Kunlun, Qinghai Province[D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing), 2013.
- 刘小花. 青海省格尔木黑刺沟金成矿特征与找矿方向分析[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2013.
- LIU Xiaohua. The analysis on metallogenic characteristics and prospecting direction of gold in Heicigou Golmud city, Qinghai Province[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2013.
- 魏国廷,范增林,董启伟,等. 青海省格尔木市黑海北金矿成矿远景浅析[J]. 科技创新与应用, 2013, (11): 72-73.
- WEI Guoting, FAN Zenglin, DONG Qiwei, et al. Metallogenic potential of Heihaibe gold deposit in Golmud, Qinghai Province[J]. Techno Logical Innovation and Application, 2013, (11): 72-73.
- 王建军,甘艳辉,李健,等. 大灶火玉石矿成矿条件及找矿远景分析[J]. 高原地震, 2007, 19(4): 47-51.
- WANG Jianjun, GAN Yanhui, LI Jian, et al. Analysis on nephrite condition and discovery prospects in Dazaohuo area[J]. Plateau Earthquake Research, 2007, 19(4): 47-51.
- 安海西,韩光,武鹏飞,等. 青海大灶火沟—黑刺沟金矿床地质特征及找矿前景[J]. 金属矿山, 2018, 507(9): 127-136.
- AN Haixi, HAN Guang, WU Pengfei, et al. Deposit Geological Characteristics and Prospecting Potential of Dazao-huogou-Heicigou Gold Mine in Qinghai Province[J]. Metal Mine, 2018, 507(9): 127-136.
- 李根军,郭勇,韩建华,等. 青海黑刺沟地区构造蚀变岩型金矿遥感地质特征及外围找矿预测[J]. 科学技术与工程, 2017, 17(23): 18-25.
- LI Genjun, GUO Yong, HAN Jianhua, et al. The periphery prospecting prediction and remote sensing geological characteristics of tectonic altered rock type gold deposit of the Heicigou area in Qinghai Province[J]. Science Technology and Engineering, 2017, 17(23): 18-25.
- 王泰山,鲁海峰,张尧,等. 青海省格尔木二道沟白钨矿床地质特征初析[J]. 中国钨业, 2016, 31(4): 14-20.
- WANG Taishan, LU Haifeng, ZHANG Yao, et al. Geological features of the erdaogou scheelite deposit in the GeErmu of Qinghai Province[J]. China Tungsten Industry, 2016, 31(4): 14-20.

- 刘赫显. 青海昆仑河地区钨矿床流体包裹体特征及矿床成因[D]. 北京:中国地质大学(北京),2017.
- LIU Hexian. Fluid inclusion characteristics and genesis of the tungsten mineralization in the Kunlun River area, Qinghai Province[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing),2017.
- 张凯,苟荣涛,刘树林,等. 东昆仑大干沟一带铜金锑矿特征及找矿意义[J]. 地质力学学报,2012,18(4):401-409.
- ZHANG Kai,GOU Rongtao,LIU Shulin,et al. Characteristics and significance of the copper-gold-antimony deposits in Daganguo area, East Kunlun[J]. Journal of Geomechanics,2012,18(4):401-409.
- 梁坤先,马志远,陈光庭. 青海昆仑河地区水系沉积物测量地球化学特征及找矿应用[J]. 甘肃冶金,2016,38(4):39-42.
- LIANG Kunxian, MA Zhiyuan, CHEN Guangting. Qinghai Kunlun River regional geochemical features of stream-sediment survey and prospecting applications[J]. Gansu Metallurgy,2016,38(4):39-42.
- 赵娟,孙泽坤,李明喜. 青海景观区特征和地球化学勘查方法技术[J]. 物探与化探,2004,28(3):239-241.
- ZHAO Juan,SUN Zekun,LI Mingxi. Landscape features of Qinghai Province and selection of geochemical exploration methods and techniques[J]. Geophysical and Geochemical Exploration,2004,28(3):239-241.
- 赵娟,许光,杨宝荣,等. 青海东昆仑地区1:2.5万地球化学测量方法技术及应用成果[J]. 西北地质,2018,51(1):209-217.
- ZHAO Juan, XU Guang, YANG Baorong, et al. Technique and application result of 1:25 000 geochemical survey in Kunlun, Qinghai Province[J]. Northwestern Geology,2018,51(1):209-217.
- 安国英. 青海省东昆仑地区地球化学异常特征及金矿靶区筛选与评价[J]. 物探与化探,2013,37(2):218-224.
- AN Guoying. Geochemical characteristic and gold metallogenic target area selection and evaluation in east Kunlun region, Qinghai Province[J]. Geophysical and Geochemical Exploration,2013,37(2):218-224.
- 丰成友,张德全,王富春,等. 青海东昆仑复合造山过程及典型造山型金矿地质[J]. 地球学报,2004,25(4):415-422.
- FENG Chengyou, ZHANG Dequan, WANG Fuquan, et al. Multiple Orogenic Processes and Geological Characteristics of the Major Orogenic Gold Deposits in East Kunlun Area, Qinghai Province[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2004,25(4):415-422.
- 张德全,王富春,余安全,等. 柴北缘—东昆仑地区造山型金矿床的三级控矿构造系统[J]. 中国地质,2007,(1):92-100.
- ZHANG Dequan, WANG Fuchun, SHE Hongquan, et al. Three-order ore-controlling structural system of orogenic gold deposits in the northern Qaidam margin-East Kunlun region[J]. Geology in China,2007,(1):92-100.
- 顾雪祥,章永梅,冯李强,等. 东昆仑地区昆仑河韧性剪切带的识别、时代厘定及构造意义[J]. 地质通报,2018,37(2-3):345-355.
- GU Xuexiang, ZHANG Yongmei, FENG Liqiang, et al. Recognition, age determination and tectonic significance of the Kunlun River ductile shear zone in the East Kunlun Mountains [J]. Geological Bulletin of China, 2018,37(2-3):345-355.
- 曹凯,王国灿,王岸. 东昆仑山昆仑河纵剖面形貌分析及构造涵义[J]. 地球科学(中国地质大学学报),2007,32(5):713-721.
- CAO Kai,WANG Guocan,WANG An. The Analysis of the Tectonics and the Behavior of the LongitudinalSection of Kunlun River in East Kunlun[J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 2007, 32(5):713-721.
- 杜玉良,贾群子,韩生福. 青海东昆仑成矿带中生代构造—岩浆—成矿作用及铜金多金属找矿研究[J]. 西北地质,2012,45(4):69-75.
- DU Yuliang, JIA Qunzi, HAN Shengfu. Mesozoic tectonomagmatic-mineralization and copper-gold polymetallic oreprospecting research in East Kunlun metallogenic belt in Qinghai[J]. Northwestern Geology,2012,45(4):69-75.
- 李杰,康伟浩,高亮,等. 青海省昆仑河晚三叠世花岗岩岩石地球化学特征及其构造背景[J]. 青海大学学报,2017,35(3):33-45.
- LI Jie,KANG Weihao,GAO Liang,et al. Geochemical characteristics and tectonic setting of Late Triassic granites in Kunlun River area of Qinghai[J]. Journal of Qinghai University,2017,35(3):33-45.
- 陈巧妹,孙华山,刘晓康,等. 青海省大干沟地区黑色岩系中V-Mo-PGE矿床找矿前景分析[J]. 地质找矿论丛,2018,33(3):360-364.
- CHEN Qiaomei,SUN Huashan,LIU Xiaokang,et al. Oreprospecting analysis of V-Mo-PGE deposits in black rocks series,in the Daganguo area,Qinghai[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2018,33(3):360-364.
- 田滔,苗国文,郝亚青,等. 青海东昆仑黑色岩系铂族元素地球化学特征及其找矿前景[J]. 中国锰业,2018,36(2):71-75.
- TIAN Tao,MIAO Guowen,HAO Yaqing,et al. Geochemical features and prospecting potential of platinum-group elements in black shale series of Dongkunlun area in Qinghai Province [J]. China's Manganese Industry, 2018,36(2):71-75.
- 叶杰,范德廉. 黑色岩系型矿床的形成作用及其在我国的产出特征[J]. 矿物岩石地球化学通报,2000,19(2):95-102.
- YE Jie, FAN Delian. Characteristics and mineralization of ore deposits related to black shale series[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2000, 19(2):95-102.