



青海曲旁浪斜地区水系沉积物地球化学特征及找矿远景

秦丹鹤,侯红星,邵兴坤

中国地质调查局 廊坊自然资源综合调查中心,河北 廊坊 065000

摘 要: 曲旁浪斜地区位于巴颜喀拉地块的北东缘,断裂构造发育。区域内已发现多个金(锑)矿床和矿化点,成矿地质条件优越。通过开展 1:5 万水系沉积物测量,认为 Sb、Au 元素具有较大的成矿潜力。依据元素组合特征和成矿地质条件,圈定出综合异常 21 处,划分出 4 处远景区,并发现一处金、锑矿化点。

关键词: 水系沉积物;地球化学特征;成矿预测;曲旁浪斜地区;青海省

GEOCHEMISTRY OF STREAM SEDIMENTS AND EXPLORATION PROSPECTS IN QUPANGLANGXIE AREA, QINGHAI PROVINCE

QIN Dan-he, HOU Hong-xing, SHAO Xing-kun

Langfang Natural Resources Comprehensive Survey Center, CGS, Langfang 065000, Hebei Province, China

Abstract: The Qupanglangxie area is located in the northeastern margin of Bayankala block, where the fault structures are well developed. Several gold (antimony) deposits and mineralized spots have been found in the area, with favorable metallogenic geological conditions. Based on the 1:50 000 stream sediment survey, it is considered that Sb and Au have great ore-forming potential. According to the element combination characteristics and metallogenic conditions, 21 comprehensive anomalies are delineated, then 4 prospective areas are identified and one gold-antimony mineralized spot is found in the area.

Key words: stream sediment; geochemical characteristics; metallogenic prediction; Qupanglangxie area; Qinghai Province

0 引言

水系沉积物地球化学测量能有效获取成矿信息^[1-3],是地质找矿中卓有成效的地球化学勘查手段^[4-6]。对于地表岩石露头较少,土壤极不发育的情况,水系沉积物地球化学测量方法的运用,在高寒山区寻找有色金属矿产发挥了非常重要的作用^[7-11],为进

一步开展地质勘查工作提供了依据。

研究区位于青藏高原高寒山区,自然条件恶劣,交通不便利,区域内开展的地质工作较少。通过对研究区 1:5 万水系沉积物地球化学特征进行分析,圈定了综合异常,并划分了找矿远景区,为今后该地区的地质找矿工作提供参考。

收稿日期:2022-05-11;修回日期:2022-06-21。编辑:李兰英。

基金项目:中国地质调查局项目“西北沿边及特殊地区地质矿产调查”(DD20160079)。

作者简介:秦丹鹤,(1987—),女,硕士,工程师,主要从事地质矿产勘查、地球化学及项目管理工作,通信地址 河北省廊坊市广阳区广阳道 93 号, E-mail//639559543@qq.com

1 地质背景

曲旁浪斜地区位于巴颜喀拉山成矿带的北缘,夹持于昆南缝合带、金沙江缝合带和龙门山断裂带之间,向北西西方向呈倒三角形展布,构造位置十分独特(图1a)^[12-15]。区内地层由老到新依次为二叠系玛曲组,三叠系昌马河组、甘德组,新近系曲果组及第四系(图1b)。玛曲组零星分布于研究区北东部,岩石类型为灰白色薄—厚层状微晶-粉晶灰岩;昌马河组分布于研究区的西南部和北东部,岩石类型为灰-灰绿色中细粒岩屑长石砂岩、长石石英砂岩、细粒岩屑杂砂岩互层;甘德组在区内分布面积较广,岩性为灰-灰绿色中细粒-细粒岩屑长石砂岩,局部夹灰黑色粉砂岩及灰色薄层

泥晶灰岩;曲果组在区内剥蚀严重,呈层状露头较少,岩性以灰紫色、灰色砂砾岩、砾岩夹砂岩为主。第四系地层在区内分布广泛。

区内断裂构造十分发育,以北西西向断裂为主。规模较大断裂走向与地层走向基本一致,其次为北东向、北北东向和东西向断裂,它们形成的时间较晚且规模小,常错切北西西向主断裂。区内侵入岩出露较少,主要分布于研究区的中南部和东南部,岩性主要为似斑状黑云母花岗闪长岩、英云闪长岩及花岗岩等。

北巴颜喀拉成矿带内目前已发现岩金(锑)矿产地多处,例如:大场金矿、加给陇洼金矿、扎家同哪金矿、东乘公麻金矿床等。通过前人研究的成果可知,成矿

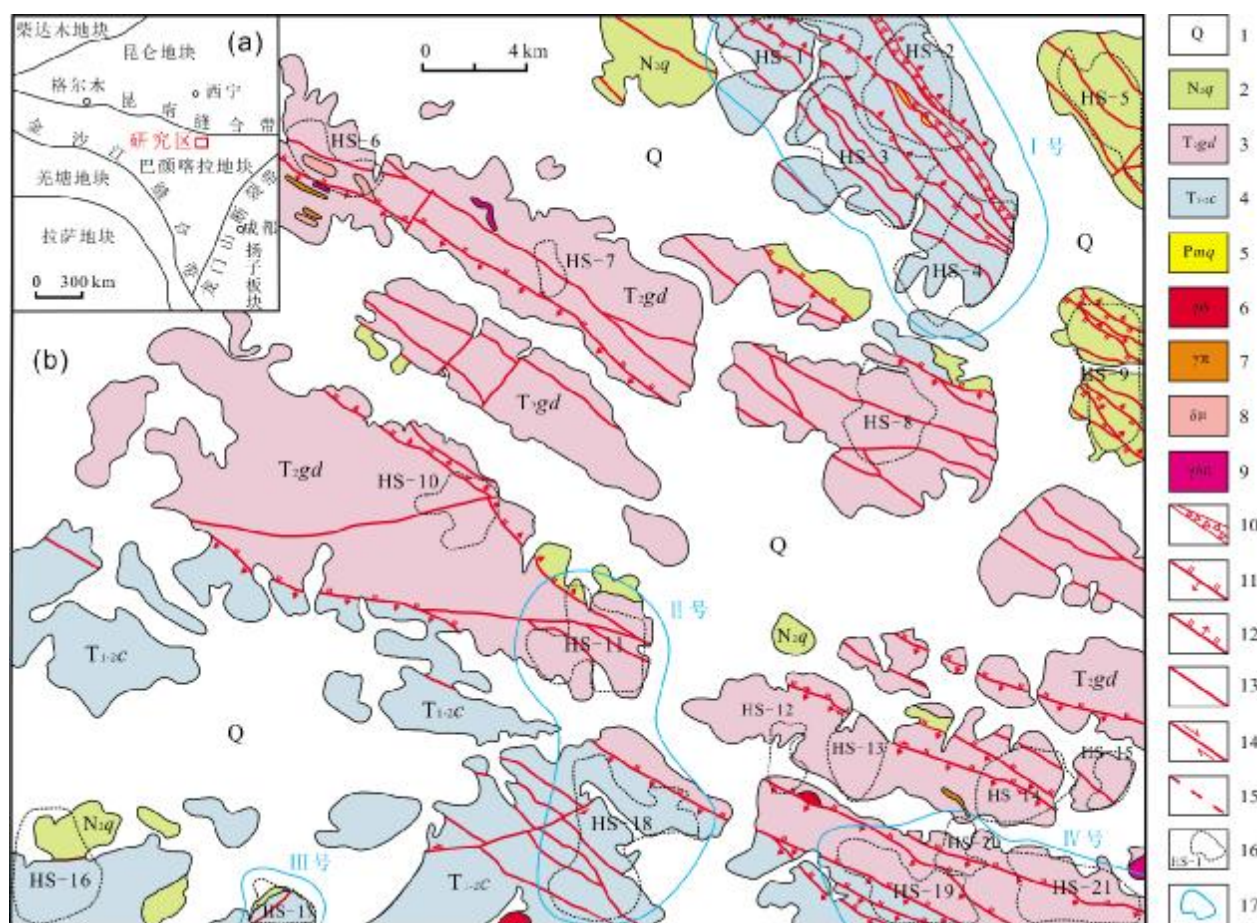


图1 曲旁浪斜地区综合地质简图

Fig. 1 Geological sketch map of the Qupanglangxie area

a—研究区大地构造位置(据文献[15])(tectonic location of the study area, from Reference [15]); b—研究区地质图(geological map of the study area); 1—第四系(Quaternary); 2—新近系曲果组(Neogene Quguo fm.); 3—三叠系甘德组(Triassic Gande fm.); 4—三叠系昌马河组(Triassic Changmahe fm.); 5—二叠系玛曲组(Permian Maqu fm.); 6—花岗闪长岩(granodiorite); 7—花岗斑岩(granite porphyry); 8—闪长玢岩(diorite porphyrite); 9—花岗闪长斑岩(granodiorite porphyry); 10—断层破碎带(fault fracture zone); 11—实测逆断层(surveyed reverse fault); 12—实测正断层(surveyed normal fault); 13—实测断层(surveyed fault); 14—走滑断层(strike-slip fault); 15—推测断层(inferred fault); 16—综合异常及编号(comprehensive geochemical anomaly and number); 17—找矿远景区(prospective area)

带内大部分已知矿床具有相似的地球化学元素组合、成矿年代、控矿构造、围岩蚀变、矿石结构构造和成因类型等^[16-20]。

2 样品采集、测试及数据处理

本研究工作方法为 1:50 000 水系沉积物地球化学测量,实际采样面积 1 200 km²,根据规范要求及工作区地质情况,平均采样密度 4 个点/km²,共采集样品 4 833 件。样品测试分析 Au、Hg、Ag、Sn、Bi、Mn、Ni、Cu、Zn、Pb、As、Sb 这 12 种元素,由原武警黄金第二总队中心化验室完成;Co、Mo、Cd 这 3 种元素由原武警黄金第五支队化验室完成。结合实验室设备实际,Co、Cd、Mo 采用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS),Mn、Ni、Cu、Zn、Pb 采用 X 射线荧光光谱法(XRF),Ag、Sn 采用发射光谱法(ES),As、Sb、Hg、Bi 采用原子荧光光谱法(AFS),Au 采用原子吸收分光光度法(AAS)。其中 Au、Hg、Mn、Ni、Cu、Zn、Pb、As、Sb、Co 这 10 个元素的报出率为 100%;Ag、Sn、Bi、Mo、Cd 这 5 个元素的报出率分别为 98.26%、99.45%、98.48%、98.89%、99.8%。

为研究元素含量的变化特征、空间分布关系等,运用 SPSS 23 软件对水系沉积物中各元素的原始分析数据进行数据处理。用连续迭代剔除法将大于 $X+3S$ 和小于 $X-3S$ (X 为原始数据平均值, S 为标准差)的离群数据剔除后,计算出多次迭代后的平均值(X_0)、标准差(S_0)、变异系数(CV)等参数^[21-23](表 1,扫描首页 OSID 二维码可见)。各元素异常下限按照 $T_0=X_0+2S_0$ 计算得出(X_0 为迭代处理后数据平均值, S_0 为迭代处理后数据标准差, T_0 为研究区元素异常下限)。对照计算值和地质背景等因素进行综合考虑,确定了区内水系沉积物各元素的异常下限(表 2)。

3 地球化学特征

3.1 元素分布基本特征

相对于全国水系沉积物背景值和青海省水系沉积物背景值^[24-25],研究区 Hg、Mn、Sb、As 这 4 种元素相对

富集(表 1)。其中 Hg、Mn、Sb 三种元素背景值明显高于青海省水系沉积物背景值,Au、Cu、Ni、Cd、Zn、Co 这 6 种元素与青海省背景值基本持平,而 Ag、Bi、Mo、Pb、Sn 等 5 种元素相对贫化。

CV_1 为原始数据的变异系数, CV_2 为剔除离群极值后数据的变异系数, CV_1/CV_2 是衡量元素含量数据集的相对离散程度,反映了背景迭代处理对离散数据的削平程度^[9,26-28]。元素的离散程度越高,表明元素分布越不均匀,富集成矿的可能性也就越大^[29-31]。由图 2 可以看出,Au、Hg 和 Sb 元素含量变化幅度较大,分异程度较强,显示高强度数据较多,成矿可能性较大;而其他元素含量变化幅度不大,高强度数据不多,富集成矿的可能性相对较小。

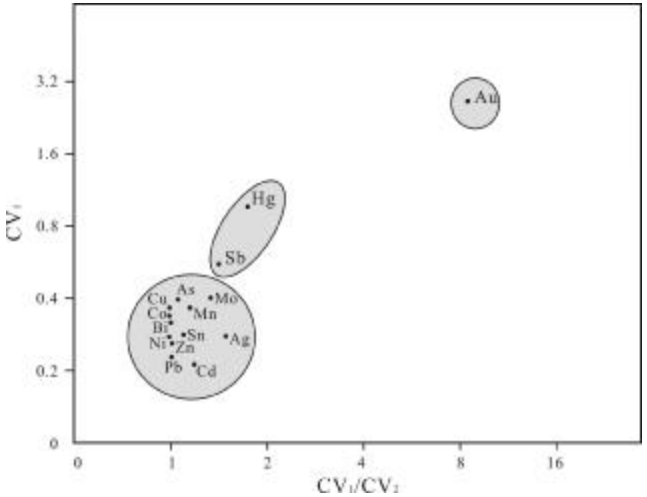


图 2 元素变异系数图解

Fig. 2 Variation coefficient diagram of elements

在不同地质单元中的 15 种元素含量有明显的不同(表 1)。三叠系昌马河组地层中 Sb、Cu、Hg、Sb、Pb 等元素含量在该地层中形成峰值,其中 Hg、Sb 具有较高的含量且离散程度较大,元素异常在沿北西向断裂带附近具有明显的富集趋势,呈带状或串珠状分布,反映了地层受断裂带构造控制的地球化学信息。

对全区水系沉积物样品进行 R 型聚类分析(图

表 2 曲旁浪斜地区水系沉积物元素地球化学异常下限
Table 2 Element anomaly thresholds of stream sediments in Qupanglangxie area

元素	Au	Cd	Hg	Ag	Sn	Mo	Bi	Mn	Ni	Cu	Zn	Pb	As	Sb	Co
异常下限	6.49	0.15	169.19	64.82	3.25	0.86	0.38	1535.71	37.76	35.01	100.29	24.65	27.01	2.81	19.08

含量单位: Au、Ag、Hg 元素为 10⁻⁹,其他元素均为 10⁻⁶。

3),依据元素聚类次序将15个元素分为3类。第一类由Ni、Zn、Co、Cu、Bi、Pb组成,为中高温成矿元素组合,在研究区南部及东北部的三叠纪巴颜喀拉山群昌马河组中呈现高值,表明元素间可能存在多期构造热液活动叠加;第二类由Mo、Cd、Sn、As、Mn组成,为中高温成矿元素组合,沿构造带呈串珠状分布,与研究区内构造活动以及中酸性脉岩有关;第三类Ag、Au、Hg、Sb是相对独立的元素,为低温热液成矿元素组合,在研究区东北部呈现高值异常区,受区内主要构造甘德断裂影响明显。

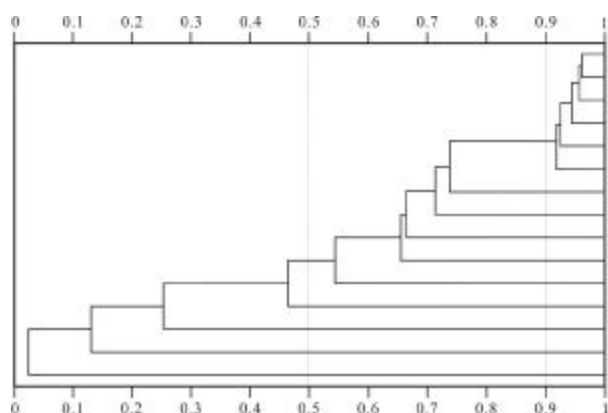


图3 R型聚类分析谱系图

Fig. 3 R-mode cluster analysis of stream sediment samples

3.2 地球化学异常特征

根据研究区元素地球化学等特征,结合成矿地质条件,共圈定综合异常21处(HS-1~HS-21)(图4),主要对以下8处综合异常特征进行描述。

HS-1位于希玛贡阿一带,异常总体呈东西向近椭圆状展布,主成矿元素为Hg,异常规模较大且具有内带,最高值为 461×10^{-9} ;伴生异常元素有Mn、Cu、Sb、Mo、Co,异常内各元素套合程度较好。

HS-2位于尕保隆哇一带,异常总体呈南北向近椭圆状展布,以Hg、Cu为主元素,伴生异常元素As、Mo、Mn、Sb、Ni、Co。Hg元素异常均值为 173.41×10^{-9} ,异常具内带,最高值为 491×10^{-9} ;Cu元素异常均值为 36.61×10^{-6} ,异常仅具外带,最高值为 46.9×10^{-9} 。异常内各元素套合程度较好,异常展布总体趋势与构造线方向一致。

HS-4位于闹日仁托山附近,Hg元素为主成矿元素,总体呈近北东向不规则状展布,伴生有Cu、Ag、Mo、Sn等异常。Hg异常有2处浓集中心,具二级浓度

分带,最高值达 319×10^{-9} ;Cu异常最高值达 50.1×10^{-6} 。主元素和主要伴生元素浓集部位套合程度较好,整体浓集趋势明显。

HS-11位于阿日纳东一带,异常以Au为主元素,呈不规则状展布,伴生有Sb、Cu、Ag、As元素异常。Au异常面积达 1.75 km^2 ,异常均值较高,达 54.35×10^{-9} ,最高值为 188.1×10^{-9} ,具明显三级浓度分带;Sb异常面积为 5.2 km^2 ,异常均值为 3.42×10^{-6} ,具二级浓度分带。伴生元素Sb、Cu、Ag、As异常在空间上的套合程度较好,浓集趋势明显。

HS-17位于研究区的西南部,总体呈三角状向南东向展布,以Sb为主元素,伴生异常元素Cu、Au、Pb、Ag、As,伴生元素套合较好。

HS-18位于沙纳格郎尔根南侧,异常以Sb、As为主元素,呈不规则状展布,伴生有Cu、Pb、Mo、Co、Au、Zn、Ag、Mn、Co、Ni元素异常。Sb异常面积达 8.77 km^2 ,异常最高值为 5.14×10^{-6} ,具明显二级浓度分带;As异常面积为 9 km^2 ,异常最高值为 47.4×10^{-6} 。伴生元素在空间上的套合程度较好,浓集趋势明显。

HS-19以Mn为主元素,呈不规则状展布,伴生有Sb、As、Co、Mo、Ag、Cu元素异常。Mn异常面积达 6.24 km^2 ,异常最高值为 3568×10^{-6} ,具明显二级浓度分带,异常强度较高;Sb异常面积为 3.97 km^2 ,异常最高值为 5.33×10^{-6} 。伴生元素在空间上的套合程度较好,浓集趋势明显。

HS-21以Sb、As为主元素,呈不规则状展布,伴生有Mn、Au、Hg、Cd元素异常。Sb异常面积达 5.3 km^2 ,异常均值达 3.89×10^{-6} ,无多级浓度分带,异常均值为 36.8×10^{-6} 。伴生元素在空间上套合程度较好。

4 找矿远景

根据成矿地质条件和土壤地球化学异常特征,共划分找矿远景区4处,分别为I号、II号、III号和IV号(图1)。

I号找矿远景区:位于研究区的东北部,出露地层有二叠系玛曲组和三叠系昌马河组。玛曲组岩性主要为薄—厚层状微晶—粉晶灰岩、碎裂微晶灰岩;昌马河组岩性主要为粉砂质板岩与岩屑长石砂岩、岩屑杂砂岩互层,或板岩夹砂岩,局部夹粉砂岩及中粗粒砂岩。区内断裂构造发育,走向为北西向,该远景区主要包

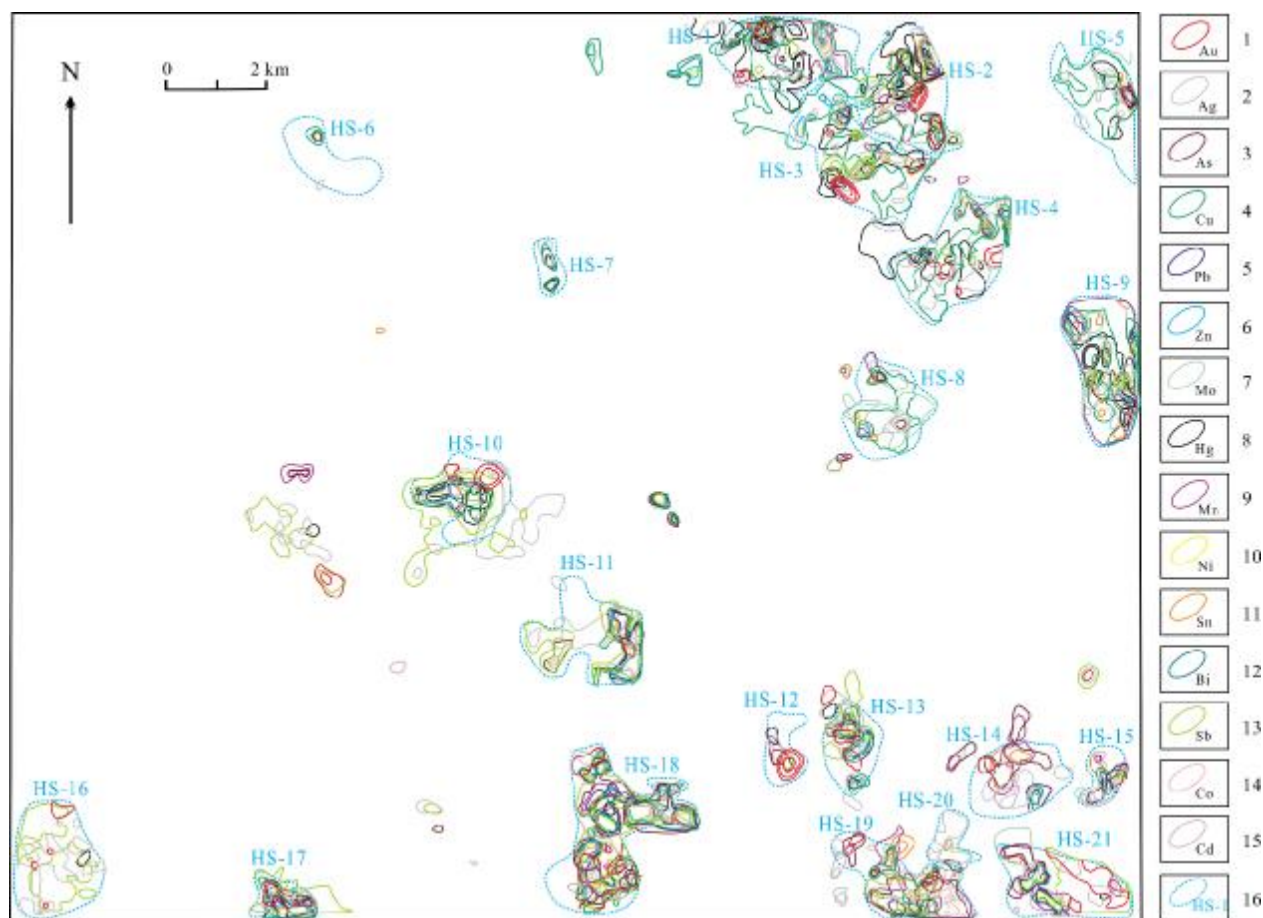


图 4 曲旁浪斜地区水系沉积物综合异常图

Fig. 4 Comprehensive anomaly map of stream sediments in Qupanglangxie area

1—金异常(Au anomaly); 2—银异常(Ag anomaly); 3—砷异常(As anomaly); 4—铜异常(Cu anomaly); 5—铅异常(Pb anomaly); 6—锌异常(Zn anomaly); 7—钼异常(Mo anomaly); 8—汞异常(Hg anomaly); 9—锰异常(Mn anomaly); 10—镍异常(Ni anomaly); 11—锡异常(Sn anomaly); 12—铋异常(Bi anomaly); 13—锑异常(Sb anomaly); 14—钴异常(Co anomaly); 15—镉异常(Cd anomaly); 16—综合异常及编号(comprehensive anomaly and number)

括共 4 处综合异常, HS-1、HS-2、HS-3 和 HS-4; 成矿元素以 Hg、Cu、Mo、Sb 元素为主, 具有明显的浓集中心(图 5)。该成矿远景区位于甘德-玛多断裂带内, 受两侧次级断裂控制和影响, 区内地层挤压变形严重且局部矿化强烈, 各元素异常大部分沿着断裂呈串珠状分布。区内发现一条宽约 100 m 的破碎带, 带内发育较为强烈的褐铁矿化、硅化, 局部发育轻度的黄铁矿化、绿泥石化、钙化等, 还发育少量的褐铁矿化石英脉。综上所述, 认为该远景区具有一定的成矿潜力。

Ⅱ号找矿远景区: 位于研究区的中南部, 出露地层主要有三叠系昌马河组、三叠系甘德组和新近系曲果组。昌马河组岩性主要为长石砂岩、岩屑长石、岩屑石英砂岩夹粉砂质板岩; 甘德组岩性主要为中细粒长石石英砂岩夹粉砂质、泥质板岩, 局部可见杂色砂岩夹板

岩为其主要特征; 曲果组岩性主要为细砾—粗砾复成分砾岩夹细粒—粗粒中厚层状岩屑长石砂岩。异常区发育有多条北西向与近东西向断裂。该远景区主要包括 HS-11 和 HS-18 共 2 处综合异常, 成矿元素以 Sb、Au、As、Hg 元素为主, 元素的连续性和套和程度均较好(图 6)。该远景区位于西北向的大断裂带内, 发育规模不等的破碎蚀变带, 带内矿化蚀变强烈, 常见褐铁矿化、黄铁矿化、硅化等, 带内还发育有大量的石英脉。从异常分布来看, 异常受次级断裂控制明显, 推测异常高值可能由断层碎裂蚀变岩和石英脉引起, 成矿条件较为有利。

Ⅲ号找矿远景区: 位于研究区的西南部, 出露地层主要有三叠系昌马河组和新近系曲果组。昌马河组岩性主要为长石石英砂岩、岩屑石英砂岩夹粉砂质板岩,

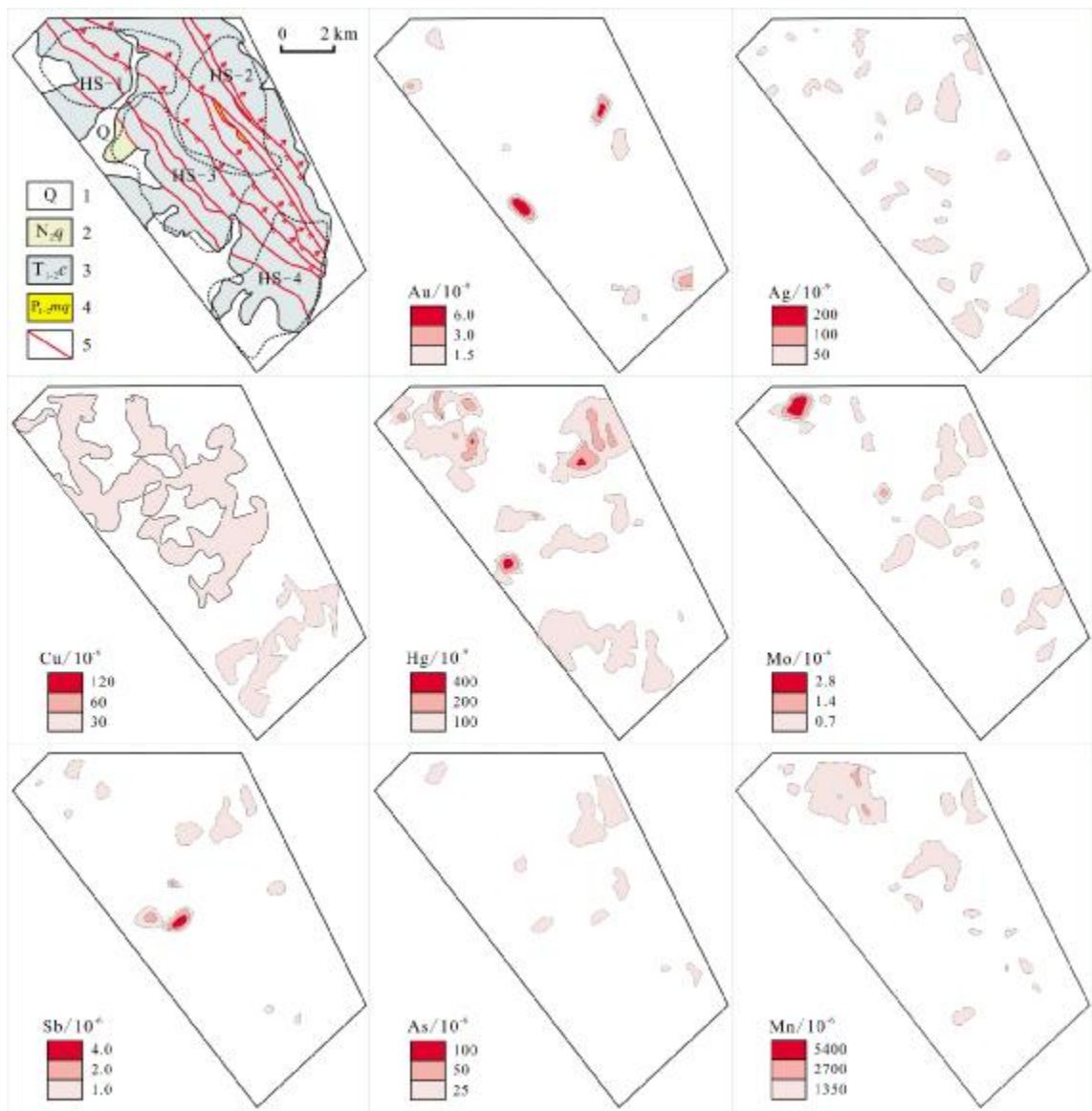


图 5 HS-1、HS-2、HS-3 和 HS-4 异常剖析图

Fig. 5 Analysis map of HS-1, HS-2, HS-3 and HS-4 anomalies

1—第四系(Quaternary); 2—新近系曲果组(Neogene Quguo fm.); 3—三叠系昌马河组(Triassic Changmahe fm.); 4—二叠系玛曲组(Permian Maqu fm.); 5—实测断层(surveyed fault)

局部为砂板互层及板岩夹砂岩; 曲果组岩性主要为细砾—粗砾复合砾岩及岩屑长石砂岩。在异常查证过程中,发现一处金、锑矿化点, Au 元素最高达 450×10^{-9} , Sb 元素最高达到 $1\,730 \times 10^{-6}$, 局部地段发育较强的硅化、褐铁矿化、黄铁矿化和高岭土化等矿化蚀变。综合上述,认为该成矿远景区具有良好的成矿地质背景,是寻找金(锑)多金属矿产的有利地段。

IV号找矿远景区:位于研究区的东南部,出露地层主要有三叠系昌马河组和三叠系甘德组。昌马河组岩

性主要为中细粒岩屑砂岩、岩屑长石砂岩,夹粉砂岩、粉砂质板岩;甘德组岩性主要为中细粒长石岩屑砂岩、细粒岩屑长石砂岩与粉砂质板岩、少量泥质板岩互层,局部夹薄层灰岩。异常区发育有多条北西向断裂,该远景区主要包括 HS-19、HS-20 和 HS-21 共 3 处综合异常,成矿元素以 Mn、Ag、As、Sb 元素为主,元素异常套和程度较好(图 7)。断裂构造在区内较为发育,主要为北西向断裂,可见数条破碎蚀变带及断层破碎带,主要见褐铁矿化等矿化蚀变,也具有成矿的可能性。

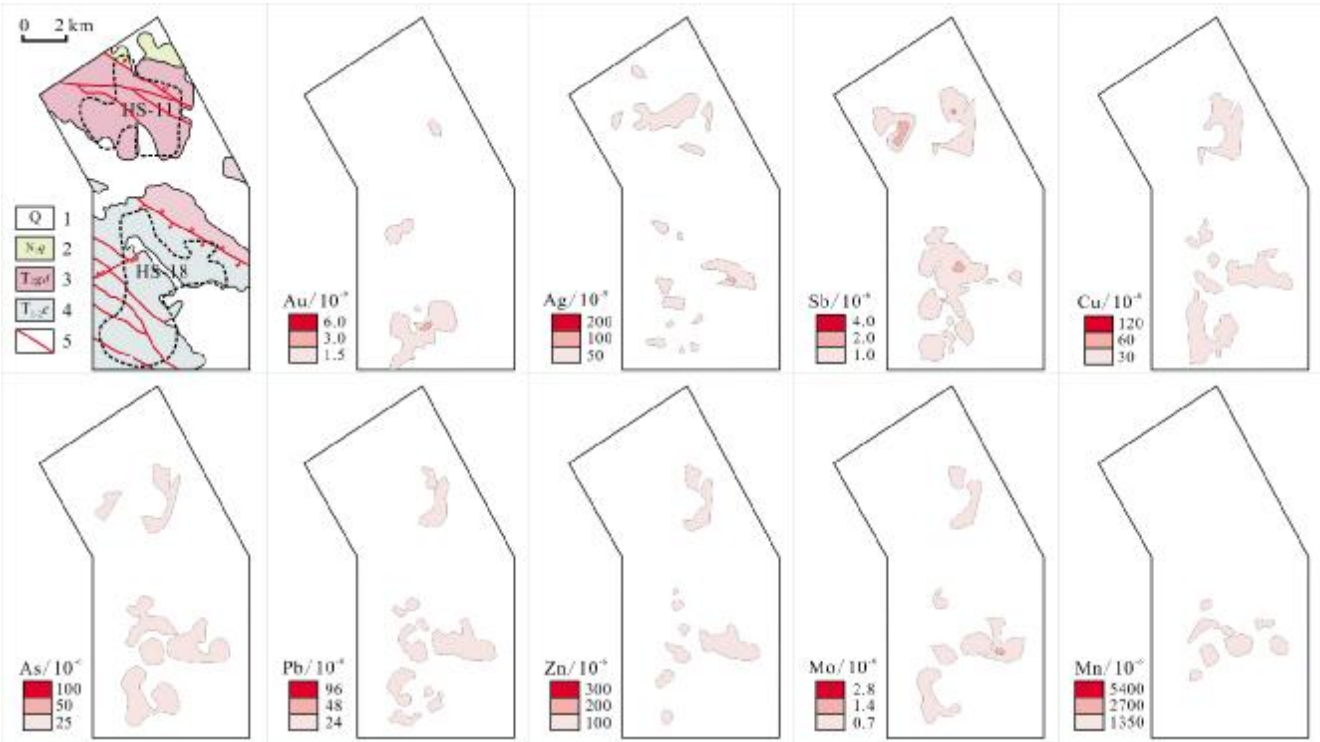


图 6 HS-11、HS-18 异常剖析图

Fig. 6 Analysis map of HS-11 and HS-18 anomalies

1—第四系(Quaternary); 2—新近系曲果组(Neogene Quguo fm.); 3—三叠系甘德组(Triassic Gande fm.); 4—三叠系昌马河组(Triassic Changmahe fm.); 5—实测断层(surveyed fault)

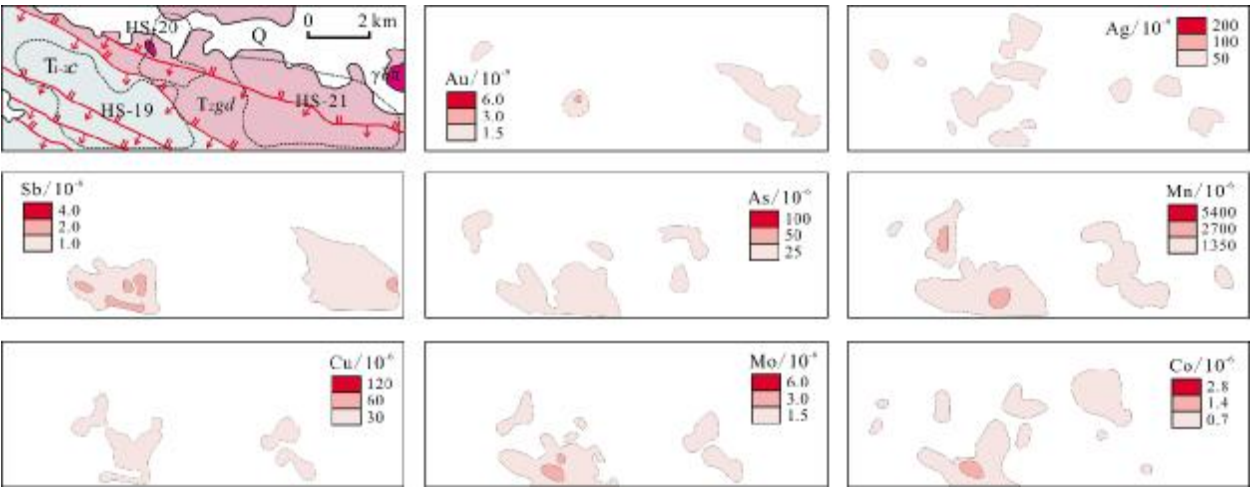


图 7 HS-19、HS-20 和 HS-21 异常剖析图

Fig. 7 Analysis map of HS-19、HS-20 and HS-21 anomalies

Q—第四系(Quaternary); T_{2gd}—三叠系甘德组(Triassic Gande fm.); T_{1x}—三叠系昌马河组(Triassic Changmahe fm.); γδπ—花岗闪长斑岩 (granodiorite porphyry)

5 结论

(1)曲旁浪斜地区各地质单元水系沉积物地球化学参数统计显示, Cu、Hg、Sb、Pb 等元素含量的峰值均落于三叠纪昌马河组地层中,其中 Hg、Sb 元素异常在

沿北西向断裂带附近具有明显的富集趋势,呈带状或串珠状分布,反映了地层受断裂带构造控制的地球化学信息。

(2)研究区内共圈出了 21 处地球化学综合异常,

异常内主元素与主要伴生元素套合程度较好,异常展布总体趋势与构造线方向一致,呈近北西向不规则状展布。

(3)研究区内共圈定找矿远景区4处,在异常查证过程中,发现一处金、锑矿化点,Au元素最高为 450×10^{-9} ,Sb元素最高为 1730×10^{-6} 。经过综合分析,笔者认为曲旁浪斜地区具有寻找金(锑)多金属矿的良好前景。

参考文献(References):

- [1]罗先熔,文美兰,欧阳菲,等. 勘查地球化学[M]. 北京:冶金工业出版社,2007:56-61.
Luo X R, Wen M L, Ouyang F, et al. Exploration geochemistry[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2007: 56-61.
- [2]张国宾,杨言辰,梁冰,等. 黑龙江东部完达山地区水系沉积物地球化学特征及成矿预测[J]. 中国地质,2017,44(3):588-603.
Zhang G B, Yang Y C, Liang B, et al. Geochemical characteristics of stream sediments and metallogenic prediction in the Wandashan area, eastern Heilongjiang Province[J]. Geology in China, 2017, 44(3): 588-603.
- [3]张七道,肖长源,李致伟,等. 黔北普宜地区水系沉积物地球化学特征及成矿预测[J]. 地质与勘探,2021,57(5):1040-1052.
Zhang Q D, Xiao C Y, Li Z W, et al. Geochemical characteristics of stream sediments and metallogenic prediction in the Puyi area of north Guizhou Province[J]. Geology and Exploration, 2021, 57(5): 1040-1052.
- [4]王学求. 勘查地球化学80年来重大事件回顾[J]. 中国地质,2013,40(1):322-330.
Wang X Q. Landmark events of exploration geochemistry in the past 80 years[J]. Geology in China, 2013, 40(1): 322-330.
- [5]翁望飞,王德恩,王邦民,等. 安徽省祁门-黟县地区水系沉积物地球化学特征及找矿方向[J]. 物探与化探,2020,44(1):1-12.
Weng W F, Wang D E, Wang B M, et al. Geochemical characteristics of stream sediments and prospecting direction in Qimen-Yixian area of Anhui Province[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2020, 44(1): 1-12.
- [6]齐文博,师兵,王嘉伟,等. 青海省都兰县查哈西里地区地球化学异常特征及成矿远景评述[J]. 地质与资源,2021,30(4):431-442.
Qi W B, Shi B, Wang J W, et al. Geochemical anomalies and metallogenic prospect in Chahaxili area of Dulan County, Qinghai Province[J]. Geology and Resources, 2021, 30(4): 431-442.
- [7]李玉芹,沈恒丽,王学贞. 都兰地区水系沉积物测量地球化学特征及找矿预测[J]. 矿物学报,2011,31(3):615-620.
Li Y Q, Shen H L, Wang X Z. Geochemical characteristic of stream sediment survey and metallogenic prognosis of Dulan area, Qinghai Province, China[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2011, 31(3): 615-620.
- [8]袁桂琴,杨少平,孙跃,等. 隐伏金属矿勘查中物化探方法技术应用研究[J]. 物探化探计算技术,2012,34(6):631-639.
Yuan G Q, Yang S P, Sun Y, et al. The study of geophysical and geochemical on concealed metal deposits exploration[J]. Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration, 2012, 34(6): 631-639.
- [9]赵武强,崔森,邹先武,等. 湖南禾库地区水系沉积物地球化学特征及找矿预测[J]. 中国地质,2014,41(2):638-647.
Zhao W Q, Cui S, Zou X W, et al. Geochemical characteristics of stream sediments and metallogenic prognosis of Heku area, Hunan Province[J]. Geology in China, 2014, 41(2): 638-647.
- [10]陈力子,刘满年,杨拴海,等. 秦昆结合部塔秀-曲什安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,2015,39(5):897-903.
Chen L Z, Liu M N, Yang S H, et al. Geochemical characteristics of stream sediments and ore-prospecting orientation in Taxi-Qushi'an area at the junction of Qinling and Kunlun[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2015, 39(5): 897-903.
- [11]王磊,杨建国,王小红,等. 甘肃北山炭山子-黄草泉一带水系沉积物地球化学特征及找矿远景[J]. 现代地质,2016,30(6):1276-1284.
Wang L, Yang J G, Wang X H, et al. Geochemical characteristics of stream sediments and prospecting direction in the Tanshanzi-Huangcaquan area of Beishan, Gansu Province[J]. Geoscience, 2016, 30(6): 1276-1284.
- [12]潘桂棠,李兴振,王立全,等. 青藏高原及邻区大地构造单元初步划分[J]. 地质通报,2002,21(11):701-707.
Pan G T, Li X Z, Wang L Q, et al. Preliminary division of tectonic units of the Qinghai-Tibet Plateau and its adjacent regions[J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(11): 701-707.
- [13]雷裕红,马昌前,王国灿. 巴颜喀拉沉积盆地基底为扬子地台西缘的一部分:来自花岗岩的证据[J]. 高校地质学报,2006,12(3):298-309.
Lei Y H, Ma C Q, Wang G C. The basement of Baryan Har Basin is a part of western Yangtze Platform: Evidence from granites[J]. Geological Journal of China Universities, 2006, 12(3): 298-309.
- [14]刘大明,孙占营,杨鹏涛,等. 青海省达卡地区三叠系巴颜喀拉山群岩石学特征及物源分析[J]. 地质科技情报,2018,37(2):71-78.
Liu D M, Sun Z Y, Yang P T, et al. Petrological characteristics and provenance analysis of the Triassic Bayan Har Group in Daka, Qinghai Province[J]. Geological Science and Technology Information, 2018, 37(2): 71-78.
- [15]邓金贤,冯平,周云龙,等. 巴颜喀拉地块当俄花岗岩体地球化学特征及锆石年龄[J]. 地质找矿论丛,2019,34(2):242-248.
Deng J X, Feng P, Zhou Y L, et al. Geochemical characteristics and zircon dating of Dang'e granites in the Bayanhar terrain[J]. Contributions

- to *Geology and Mineral Resources Research*, 2019, 34(2): 242–248.
- [16] 丁清峰, 张本龙, 王冠, 等. 青海北巴颜喀拉成矿带基于专家证据权重法锑金矿资源潜力评价[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2011, 41(5): 1423–1431.
- Ding Q F, Zhang B L, Wang G, et al. Sb-Au mineral potential mapping based on expert weights of evidence in north Bayan Har metallogenic belt in Qinghai Province[J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2011, 41(5): 1423–1431.
- [17] 刘应冬, 承道明. 青海大场金矿集区成矿规律与找矿潜力[J]. 矿产综合利用, 2022(1): 7–14.
- Liu Y D, Cheng D M. Metallogenic regularity and prospecting potential of Dachang gold ore concentration area in Qinghai Province [J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2022(1): 7–14.
- [18] 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.
- [19] 赵俊伟, 孙丰月, 李世金, 等. 青海北巴颜喀拉山地区浊积岩中金(锑)矿成矿地质特征——以大场-加给陇洼一带为例[J]. 黄金, 2007, 28(9): 8–13.
- Zhao J W, Sun F Y, Li S J, et al. Geological characteristics of Au (Sb) deposits in turbidite sequences in north Bayan Har in Qinghai Province: Examples from gold deposits in Dachang-Jiagelongwa area [J]. *Gold*, 2007, 28(9): 8–13.
- [20] 杨占凤, 孙婷婷, 王永德, 等. 青海曲麻莱大场地区金矿剥蚀程度研究[J]. 中国锰业, 2019, 37(4): 66–69.
- Yang Z F, Sun T T, Wang Y D, et al. A study to deposit denudation in the gold deposit in Dachang [J]. *China's Manganese Industry*, 2019, 37(4): 66–69.
- [21] 马永胜, 刘晓康, 乌玲, 等. 祁漫塔格地区化探数据离散组合特征及找矿意义[J]. 青海大学学报(自然科学版), 2015, 33(5): 67–72.
- Ma Y S, Liu X K, Niao L, et al. The discrete combination characteristics of geochemical data and prospecting significance of the Qimantage area [J]. *Journal of Qinghai University (Natural Science Edition)*, 2015, 33(5): 67–72.
- [22] 张文磊, 于涛, 刘堂, 等. 西藏地堡那木岗矿区水系沉积物地球化学特征及找矿预测[J]. 地质与资源, 2016, 25(4): 356–359.
- Zhang W L, Yu T, Liu T, et al. Geochemical characteristics of stream sediment and ore prospecting of the Dibaonamugang orefield in Tibet [J]. *Geology and Resources*, 2016, 25(4): 356–359.
- [23] 黄永高, 冯佐海, 罗改, 等. 三江特提斯兰坪盆地通甸地区水系沉积物地球化学特征及找矿靶区优选[J]. 地质与勘探, 2020, 56(4): 732–744.
- Huang Y G, Feng Z H, Luo G, et al. Geochemical characteristics of stream sediments and prospecting target optimization in Tongdian area of Lanping Basin, Sanjiang Tethys [J]. *Geology and Exploration*, 2020, 56(4): 732–744.
- [24] 史长义, 梁萌, 冯斌. 中国水系沉积物 39 种元素系列背景值[J]. 地球科学, 2016, 41(2): 234–251.
- Shi C Y, Liang M, Feng B. Average background values of 39 chemical elements in stream sediments of China [J]. *Earth Science*, 2016, 41(2): 234–251.
- [25] 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 G Y. Geochemical characteristics and gold metallogenic target area selection and evaluation in east Kunlun region, Qinghai Province [J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2013, 37(2): 218–224.
- [26] 周晓中, 范丽琨, 申勇胜. 沟里地区地质地球化学特征及找矿方向[J]. 黄金科学技术, 2009, 17(3): 17–19.
- Zhou X Z, Fan L K, Shen Y S. Geological and geochemical characteristics of Gouli area and its prospecting orientation [J]. *Gold Science and Technology*, 2009, 17(3): 17–19.
- [27] 胡兆国, 张少鹏, 连国建, 等. 青海省纳日宗地区水系沉积物地球化学特征及找矿远景[J]. 现代地质, 2018, 32(3): 481–492.
- Hu Z G, Zhang S P, Lian G J, et al. Geochemical characteristics of stream sediments and prospecting in the Narizong area, Qinghai Province [J]. *Geoscience*, 2018, 32(3): 481–492.
- [28] 万太平. 黑龙江龙沟河-鲜花山地区水系沉积物测量地球化学特征及找矿远景[J]. 地质与资源, 2017, 26(1): 51–56.
- Wan T P. Geochemical characteristics of stream sediments and prospecting potential of Longgouhe-Xianhuashan area in Heilongjiang Province [J]. *Geology and Resources*, 2017, 26(1): 51–56.
- [29] 蒋敬业, 程建萍, 祈士华, 等. 应用地球化学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2006: 1–340.
- Jiang J Y, Cheng J P, Qi S H, et al. *Applied geochemistry* [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2006: 1–340. (in Chinese)
- [30] 戴慧敏, 代雅键, 马振东, 等. 大兴安岭查巴奇地区水系沉积物地球化学特征及找矿方向[J]. 现代地质, 2012, 26(5): 1043–1050.
- Dai H M, Dai Y J, Ma Z D, et al. Geochemical characteristics of stream sediments and prospecting direction in the Chabaqi area of Da Hinggan Mts [J]. *Geoscience*, 2012, 26(5): 1043–1050.
- [31] 丁吉顺, 陈伟, 周恒, 等. 西藏雄梅地区 1:5 万水系沉积物地球化学特征及找矿远景[J]. 地质与勘探, 2019, 55(1): 48–63.
- Ding J S, Chen W, Zhou H, et al. Geochemical characteristics from 1:50 000 survey data of stream sediments and ore-search prospects in the Xiongmei area, Tibet [J]. *Geology and Exploration*, 2019, 55(1): 48–63.