



青海省南祁连阳康地区水系沉积物地球化学特征及成矿远景

李 东¹, 李铁笔¹, 郑 月¹, 孙中行¹, 姜克楠¹, 潘 建²

1. 吉林省区域地质矿产调查所, 吉林 长春 130028;

2. 吉林省地质科学研究所, 吉林 长春 130012

摘 要: 阳康地区位于南祁连加里东期钨-锡-金-铜成矿带哈拉湖-龙门加里东期钨-金-铜-钴成矿亚带, 成矿带内已发现金属矿床(点)几十处, 具有良好的多金属找矿前景。区内已发现多金属矿(化)点共 5 处。通过开展 1:5 万水系沉积物测量, 对区内 20 种元素原始数据进行分析, 其中 Au、As、Sb、W、Pb、Zn 等 10 种元素丰度值高于全区, 尤其是在志留系巴龙贡嘎尔组变质砂岩中呈现强富集。初步统计分析水系沉积物富集系数、变异系数, 其中 Au 元素富集系数 $K=2.14$, Au、Pb、W 元素变异系数较大。通过对样品进行 R 型聚类分析, 划分为 4 个亚簇: II-1 簇 As-Sb-Mo、II-2 簇 Bi-Sn-Rb-U、II-3 簇 Ba、II-4 簇 Ag-Pb。圈定出综合异常 48 处, 分类排序后选定代表性和找矿前景较好的 2 处甲类和 2 处乙类异常特征进行重点评述。依据元素分布特征、元素相关性、综合异常特征, 结合区域地质成矿背景, 划分出 3 个成矿远景区, 分别为 II 级色热多陇金钨成矿远景区、多尔盖铅锌成矿远景区和 III 级拉木龙钨铜金成矿远景区。

关键词: 水系沉积物; 地球化学特征; 成矿远景; 南祁连; 青海省

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND METALLOGENIC PROSPECT OF STREAM SEDIMENTS IN YANGKANG AREA ON THE SOUTHERN SIDE OF QILIAN MOUNTAINS

LI Dong¹, LI Tie-bi¹, ZHENG Yue¹, SUN Zhong-hang¹, JIANG Ke-nan¹, PAN Jian²

1. Jilin Provincial Regional Geology and Mineral Survey Institute, Changchun 130028, China;

2. Jilin Institute of Geological Sciences, Changchun 130012, China

Abstract: Yangkang area is located in the Hala Lake-Longmen Caledonian W-Au-Cu-Co metallogenic subbelt of Caledonian W-Sn-Au-Cu metallogenic belt on the southern side of Qilian Mountains, with dozens of metal deposits (occurrences) found in the metallogenic belt, which has a good polymetallic exploration prospect. A total of 5 polymetallic mineral occurrences or mineralization spots have been found in the area. Through the 1:50 000 stream sediment survey, the primary data of 20 elements in the area are analyzed, among which the abundances of 10 elements such as Au, As, Sb, W, Pb and Zn are higher than the average of the region, especially highly enriched in the metamorphic sandstone of Silurian Balonggar Formation. The statistical analysis of stream sediments shows that the

收稿日期: 2023-10-25; 修回日期: 2023-11-17. 编辑: 李兰英.

基金项目: 青海省国土资源厅地勘基金项目“青海省天峻县阳康地区 J47E013011、J47E014011、J47E014012、J47E015011、J47E015012 五幅 1:5 万区域地质矿产调查”(青国土资矿[2011]277).

作者简介: 李东(1990—), 男, 工程师, 现主要从事区域地质及矿产调查工作, 通信地址 吉林省长春市南关区超达大路 4177 号, E-mail//403958653@qq.com

通信作者: 李铁笔(1988—), 男, 工程师, 现主要从事区域地质及矿产调查工作, 通信地址 吉林省长春市南关区超达大路 4177 号, E-mail//290775567@qq.com

enrichment coefficient (K) of Au is 2.14, with great variation coefficients of Au, Pb and W. The samples are classified into 4 subclusters by R-type cluster analysis, i.e. II-1 of As-Sb-Mo, II-2 of Bi-Sn-Rb-U, II-3 of Ba and II-4 of Ag-Pb. From the 48 delineated comprehensive anomalies, 2 of Class A and 2 of Class B anomalies with good representativeness and exploration prospects are selected for emphasis discussion. According to the element distribution, element correlation and comprehensive anomaly characteristics, combined with the regional metallogenic background, 3 metallogenic prospect areas are defined, namely the second-order Sereduolong Au-W metallogenic prospect area, second-order Duoergai Pb-Zn metallogenic prospect area and third-order Lamulong W-Cu-Au metallogenic prospect area.

Key words: stream sediment; geochemistry; metallogenic prospect; Qilian Mountains; Qinghai Province

0 引言

地球化学测量是一种寻找隐伏矿体及难以肉眼识别矿体的重要手段^[1-2],不同的地质背景、构造格局、自然风化以及复杂的元素迁移、富集过程决定了地球化学特征。水系沉积物地球化学测量对于地球化学普查是一种效率较高的找矿方法^[3-4],是区域化探工作中的重要手段^[5-6],其核心内容是发现异常,分析总结异常并进行筛选评价^[7-8]。

针对青海省阳康地区海拔较高、切割较深、水系较发育的地貌特征,运用水系沉积物地球化学测量方法可以在有限的经济投入下圈定出地球化学异常范围,有利于快速、有效缩小找矿靶区,起到事半功倍的效果。通过对阳康地区 1:5 万水系沉积物地球化学特征^①进行研究分析,圈定了综合异常,划分了成矿远景区,发现了矿化体及矿化蚀变带,查明了地层、岩体、构造与成矿有关的地球化学特征,为下一步找矿工作提供了基础资料和依据。

1 地质背景

研究区位于南祁连弧后前陆盆地^[9-10],北临中祁连地块。区内地层由老到新依次为新元古界阳康片岩及志留系、二叠系、三叠系、新近系等(图 1)。新元古界阳康片岩^[11-12]分布在区内北部,可划分为石英片岩岩段和角闪片岩岩段。志留系巴龙贡嘎尔组在区内大面积出露,以陆源碎屑沉积夹火山碎屑岩沉积为主。其下段为板岩段,由灰黑色—深灰色板岩、灰绿色千枚状粉砂岩与板岩互层组成;上段为砂岩段,由灰绿色千枚状粉砂岩、灰色—灰绿色变质细粒岩屑长石砂岩、晶屑凝灰岩组成。二叠系在本区比较发育,包括勒门沟组、

草地沟组、哈吉尔组、忠什公组。总体为一套以滨浅海相为主的碎屑岩夹碳酸盐岩沉积。三叠系包括下环仓组、江河组、大加连组、切尔玛沟组,为一套海相—海陆交互的碎屑岩夹碳酸盐岩建造。新近系咸水河组主要为一套灰色的砾岩。

区内断裂构造十分发育,最早的构造形态是近东西向^[13-14],加里东运动使党河南山—拉脊山小洋盆向南西俯冲,从而形成了现在以北西向为主的构造格局^[15-17]。按走向大致可划分为北西向、北东向、南北向和东西向断裂。区内岩浆侵入活动微弱,呈岩株状分布,主要为花岗岩^[18-19],还有少量的各类脉岩。

南祁连加里东期钨—锡—金—铜成矿带哈拉湖—龙门加里东期钨—金—铜—钼成矿亚带^[20-26]内已发现了较多具工业价值的金铅锌铜矿^[27-30]。区内已发现矿(化)点有拉木隆含铜砂岩矿点、布哈河上游—希格尔曲砂金矿化点、色热瓦尔玛上游铜矿化点、大尼铅矿点、卓亥乔克北赤铁矿点等。成矿带内已知矿床的地球化学特征、成矿时期、控矿构造等具有相似性,显示了较好的成矿地质背景^[31]。

2 样品采集与测试及数据处理

采用 1:5 万水系沉积物测量方法,共完成 2 040 km² 水系沉积物测量,采集样品 11 585 件,采样密度为 5.5 点/km²。共分析了 Cu、Pb、Zn、Ag、As、Mn、W、Sb、Hg、Sn、Ti、Co、Mo、Ni、Bi、Au、Ba、U、Rb、Fe 等 20 种元素。样品加工、测试分析均由中矿(天津)岩矿检测有限公司实验室完成。采用发射光谱法(ES)分析 Ag、Sn,原子荧光法(AF)分析 As、Sb、Bi、Hg,电感耦合等离子体质谱法分析 Cu、Pb、Ba、Co、Ni、U,全谱直读光

①青海省第五矿产勘查院:青海省天峻县阳康地区 J47E013011、J47E014011、J47E014012、J47E015011、J47E015012 五幅 1:5 万区域地质矿产调查报告。

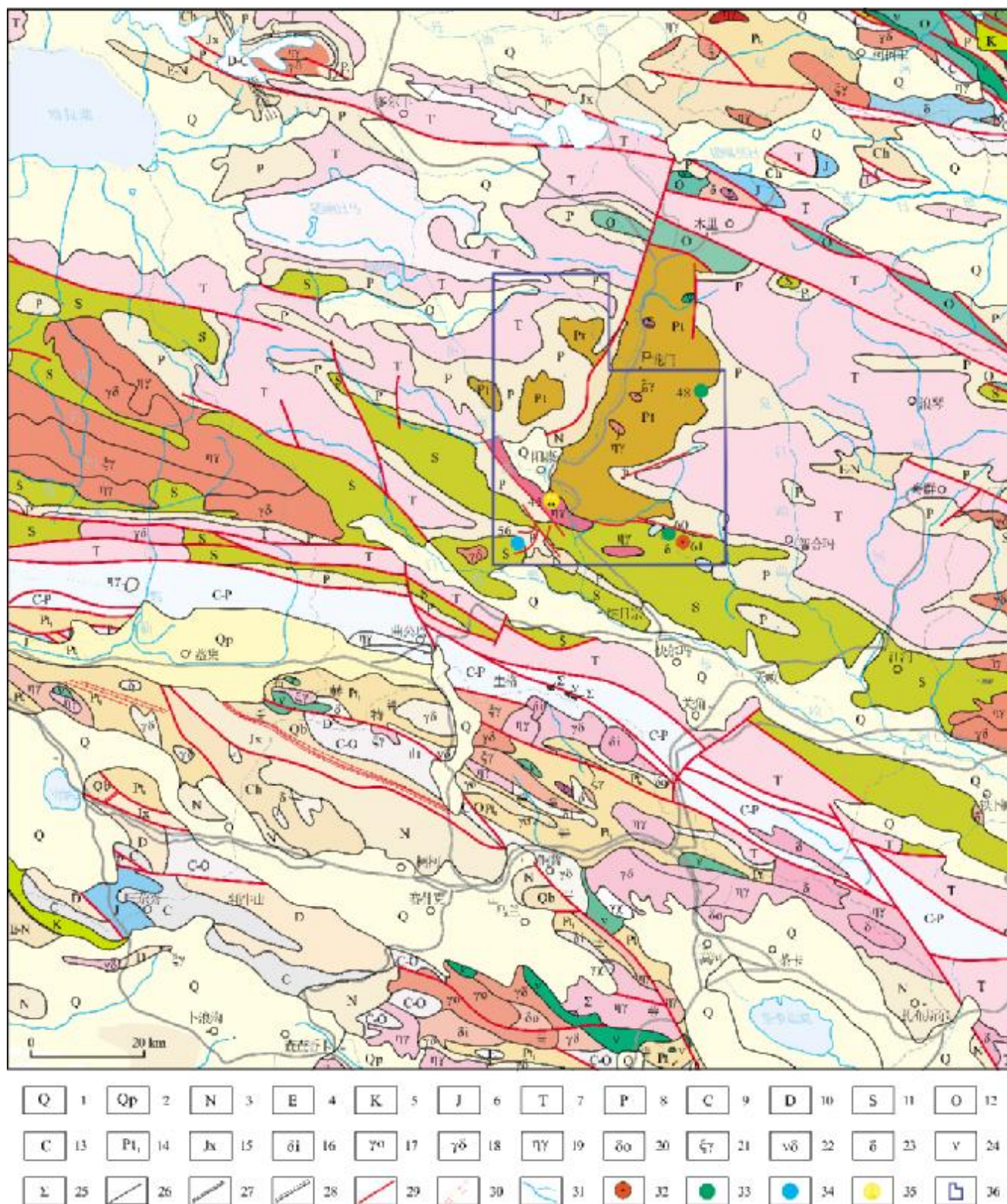


图1 南祁连阳康及周边地区地质图

Fig. 1 Geological map of Yangkang and surrounding areas on the southern side of Qilian Mountains

1—第四系(Quaternary); 2—第四系阶地(Quaternary terrace); 3—新近系(Neogene); 4—古近系(Paleogene); 5—白垩系(Cretaceous); 6—侏罗系(Jurassic); 7—三叠系(Triassic); 8—二叠系(Permian); 9—石炭系(Carboniferous); 10—泥盆系(Devonian); 11—志留系(Silurian); 12—奥陶系(Oolitic)

(Ordovician); 13—寒武系 (Cambrian); 14—元古宇 (Proterozoic); 15—蓟县系 (Jixianian); 16—闪长细晶岩 (diorite aplite); 17—斜长花岗岩 (plagioclase granite); 18—花岗闪长岩 (granodiorite); 19—二长花岗岩 (monzogranite); 20—石英闪长岩 (quartz diorite); 21—正长花岗岩 (syenogranite); 22—辉长闪长岩 (gabbro diorite); 23—闪长岩 (diorite); 24—辉长岩 (gabbro); 25—超基性岩 (ultrabasic rock); 26—地质界线 (geological boundary); 27—平行不整合界线 (parallel unconformity); 28—角度不整合界线 (angular unconformity); 29—断层 (fault); 30—韧性剪切带 (ductile shear zone); 31—河流 (river); 32—铁矿点 (Fe ore spot); 33—铜矿化点 (Cu mineralized spot); 34—铅矿点 (Pb ore spot); 35—金矿化点 (Au mineralized spot); 36—研究区 (study area)

谱法分析 Zn、Rb、Fe、Mn、Ti, 催化极谱法 (POL) 分析 W、Mo, 元火焰原子吸收法 (AA) 分析 Au. 20 种元素的分析检出限均低于或等于规范要求, 分析方法的准确和精度采用对每个国家一级标准物质分析 12 次 (GBW 系列) 进行考核, 合格率为 100%. 分析完成后对元素进行统计, 报出率均大于 99.7%, 符合规范要求.

依据 1:5 万水系沉积物数据分析结果, 根据各元素在本图幅的背景值 (X), 计算按 $X \pm 3S$ 剔除后的平均值与离差 (S). 结合区内地层、岩浆岩、构造、已知矿点等特征, 原则上采用 $X \pm 2S$ 或 $X \pm 1.65S$ 为异常下限 (表 1), 并根据异常下限单独成图, 视其异常的多少, 再进行调整, 最终确定异常下限, 以下限值的 1、2、4 倍划分异常浓集分级.

表 1 南祁连阳康地区元素异常下限取值表
Table 1 Lower limits of element anomalies in Yangkang area

元素	计算值	实际取值	元素	计算值	实际取值
Cu	45.29	45	Sb	3.93	5
Pb	30.44	30	Bi	0.52	0.5
Zn	115.99	120	Hg	0.10	0.15
Cr	84.57	80	Ba	751.74	750
Ni	46.39	50	V	133.48	130
Co	21.17	20	Sn	4.25	4.2
W	2.53	2.5	Ag	0.07	0.07
Mo	1.03	1	Au	2.71	2
As	30.92	30	Ti	4987.77	5000

含量单位: Au、Ag、Hg 为 10^{-9} , 其余元素为 10^{-6} .

3 地球化学特征

3.1 元素分布特征

从水系沉积物所覆盖岩层汇水域情况看, 在不同的地质单元中各元素含量富集有明显的差异, 一些特定元素高值区与特定地层或岩体套合较好, 与发现矿产特征相吻合. 对阳康地区不同地质单元中的元素含

量进行统计后发现, 元素富集程度较高的地质体为花岗岩和志留系, 而元古宇、二叠系、三叠系、新近系及第四系元素相对富集, 略等于或高于背景值 (表 2). 其中花岗岩中 Au、Bi、W、Hg、Ba 高于全区平均值, 尤其 Au 在花岗岩中含量达到 26.16×10^{-9} , 并且 W、As 含量也达到全区平均值 3 倍以上. 志留系巴龙贡嘎尔组中 Au、As、Sb、W、Pb、Zn 等 10 种元素丰度值高于全区平均值, 尤其是 Au 在该地层中局部呈现出强富集, 富集系数 $K=2.14$, 变化系数为全区最大的 3.46, 峰值为 159.48×10^{-9} . 志留系中的 Pb、Zn 也具有全区最高峰值, 分别为 $2\ 126 \times 10^{-6}$, $2\ 348 \times 10^{-6}$, 在铅矿一带见有民采的铅矿点.

3.2 变异系数地质意义

元素原始数据的变异系数 (CV_1) 和背景数据的变异系数 (CV_2)^[32] 分别反映两类数据集的离散程度, 据此用 CV_1/CV_2 来反映背景拟合处理时对离散值 (主要是特高值) 的削平程度. 利用 CV_1 与 CV_1/CV_2 图解可以反映含量变化程度、高度数据的多少, 从而进一步反映富集成矿的可能^[33-37]. 结果表明区内 Au、W、Pb 含量变化幅度大, 高强数据多, 具备成矿的可能性 (图 2).

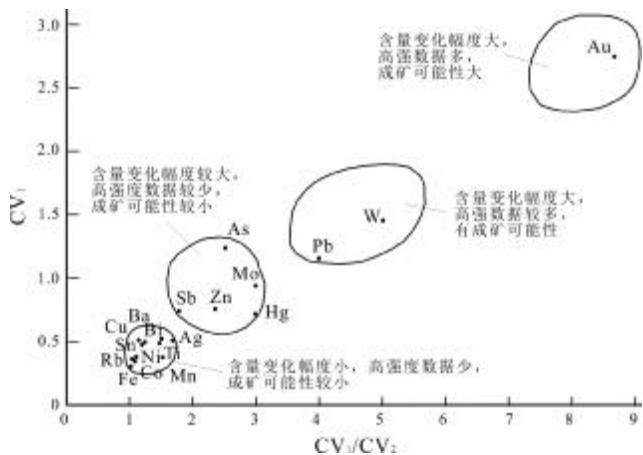


图 2 南祁连阳康地区地球化学变异系数解释图
Fig. 2 Interpretation of geochemical variation coefficients in Yangkang area

表 2 南祁连阳康地区不同地质单元中元素含量统计表

Table 2 Statistics of element content by geological units in Yangkang area

地质单元	全区	第四系	新近系	三叠系	二叠系	志留系	元古宇	花岗岩
样品数	11332	1493	896	2484	2687	1160	2511	101
Au	1.5	1.4	1.38	1.34	1.26	2.89	1.34	2.21
As	11.92	11.41	18.45	9.88	10.16	14.69	12.56	11.25
Sb	0.66	0.64	0.9	0.61	0.71	0.69	0.58	0.52
Bi	0.24	0.24	0.22	0.26	0.28	0.21	0.2	0.34
Hg	7.65	7.85	7.35	9.13	7.32	6.93	6.89	7.09
W	2.04	2.02	2.02	1.78	1.85	2.75	2.18	3.07
Mo	0.75	0.73	1.05	0.68	0.71	0.74	0.78	0.67
Ba	650.3	619.24	604.48	485.61	588.87	907.85	789.48	782.5
Co	11.49	10.89	9.17	10.9	12.08	10.11	13.27	10.99
Cu	16.12	14.99	14.3	15.38	14.3	15.97	20.22	15.04
Fe	3.36	3.19	2.87	3.08	3.53	3.07	3.89	3.04
Mn	647.96	680.02	604.49	588.85	605.31	680.44	734.3	628.83
Ni	23.72	22.01	19.68	22.69	24.99	19.84	27.69	21.91
Pb	20.21	19.03	21.72	18.39	20.18	26.7	19.14	21.61
Rb	101.08	94.28	74.28	97.74	117.2	109.89	96.6	103.07
Ti	2973.36	2821.21	2124.5	2812.37	3033.68	2928.12	3492.97	2708.9
U	2.03	1.99	1.68	2.2	2.3	1.9	1.79	1.51
Zn	64.54	59.16	55.49	57.91	63.73	76.01	73.35	58.06
Ag	52.08	51.24	52.98	48.06	49.23	64.26	53.47	56.61
Sn	2.29	2.21	1.54	2.22	2.65	2.22	2.32	2.21

含量单位: Au、Ag、Hg 为 10⁻⁹,其余元素为 10⁻⁶.

3.3 元素组合特征

聚类分析是划分元素相关性的有效方法^[38]. 对样品进行 R 型聚类分析(图 3),在 $\gamma=0.1973$ 的相关水平上可明显分为 4 个簇:Ⅰ簇、Ⅲ簇、Ⅳ簇分别由 Au 元素和 Hg-W 元素组成,各元素间相对独立,与其他元素均不相关,成矿作用较为复杂.Ⅱ簇在 $\gamma=0.3405$ 的相关水平上,可进一步划分为 4 个亚簇:Ⅱ-1 簇为 As-Sb-Mo,属中低温成矿带元素组合,多集中分布在断裂附近,与围岩关系密切;Ⅱ-2 簇为 Bi-Sn-Rb-U,属中低温成矿带元素组合,与断裂活动和围岩关系密切,Co-Fe-Ni-Cu-Ti-Mn-Zn 反映背景值;Ⅱ-3 簇为

Ba,反映背景值;Ⅱ-4 簇为 Ag-Pb,反映背景值.

4 综合异常及成矿远景区

4.1 异常特征

按照各元素所确定的异常下限圈定单元素异常,依据单元素异常的重叠特征、元素组合特征、区内成矿条件,对全区的异常进行选择性的剔除和分割.选择成矿地质条件,异常元素套合较好且具有一定规模的异常区构成综合异常,共圈定综合异常 48 处,其中甲类异常 2 处,乙类异常 28 处,丙类异常 18 处(图 4).具有代表性和找矿前景的 2 处甲类(HS32、HS41)和 2

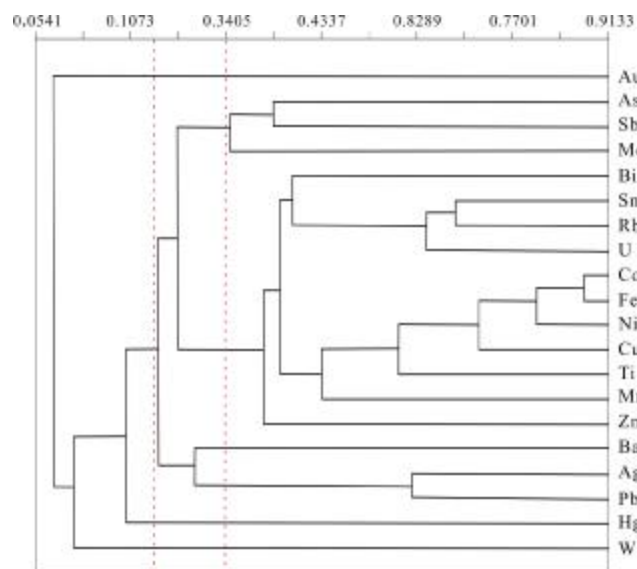


图3 南祁连阳康地区元素R型聚类分析图

Fig. 3 R-type cluster analysis diagram of elements in Yangkang area

处乙类(HS45、HS47)异常特征如下。

HS32 异常:位于多尔玛地区,呈不规则椭圆状,沿近南北向展布,面积 13.35 km^2 。主要分布于志留系巴龙贡嘎尔组变质砂岩内,以 Pb、Au、Ag 为主(图5),伴有 As、Sb、W、Zn 等,具有三级浓度带,浓集中心突出,元素间套合程度较高。Pb、Ag 具全区最高峰值,As、Sb 作为指示元素,与断层构造关系密切,基本上沿构造分布,铅异常与已知的铅矿化点吻合。其中 Pb 异常由 49 个异常点组成,规模 39.78,平均值 113.65×10^{-6} ,最大值为 $2\ 126 \times 10^{-6}$,衬度 3.79。Au 异常由 14 个异常点组成,规模 11.4,平均值 8.09×10^{-9} ,最大值为 77.09×10^{-9} ,衬度 4.04。Ag 异常由 13 个异常点组成,规模 8.88,平均值 246.77×10^{-9} ,最大值为 $1\ 500 \times 10^{-9}$,衬度 3.08。

HS41 异常:位于达拉玛尼附近,呈不规则椭圆状,沿北东向展布,面积 9.31 km^2 。主要分布于新近系咸水河组内,以 Au、Zn、Pb 异常为主,元素套合较好(图6),并伴有 As、Ag 多金属异常。各元素异常基本上为主成矿元素,且均具有三级浓度带,浓集中心显著。Au 异常由 44 个异常点组成,规模 18.02,平均值 4.47×10^{-9} ,最大值为 29.27×10^{-9} ,衬度 2.23。Zn 异常由 23 个异常点组成,规模 14.21,平均值 382.96×10^{-6} ,最大值为 $2\ 373 \times 10^{-6}$,衬度 3.83。Pb 异常由 23 个异常点组成,规模 10.17,平均值 97.17×10^{-6} ,最大值为 485×10^{-6} ,衬度 3.24。

HS45 异常:位于娘宰捏嘎地区,总体呈不规则椭圆状,沿北西向展布,面积 37.96 km^2 。异常区出露志留系巴龙贡嘎尔组砂板岩及千枚岩,石英脉发育且黄铁矿化较强。异常以 Au、W 异常为主(图7),并伴有 As、Sb、Bi 等的多金属异常。异常元素套合程度较好,具三级浓度带。Au 异常由 89 个异常点组成,规模 168.19,平均值 10.71×10^{-9} ,最大值为 144.62×10^{-9} ,衬度 5.36。W 异常由 53 个异常点组成,规模 30.69,平均值 5.2×10^{-6} ,最大值为 13.61×10^{-6} ,衬度 1.71,异常展布趋势与主构造线一致。

HS47 异常:位于窄格雀地区,总体呈不规则椭圆状,沿北东走向展布,分布于志留系巴龙贡嘎尔组变质砂岩中。以 Au、W 异常为主(图8),并伴有 As、Hg、Ba 的多金属异常,面积 13.37 km^2 。具三级浓集中心,异常元素套合程度较好。Au 异常由 28 个异常点组成,规模 75.13,平均值 12.42×10^{-9} ,最大值为 139.33×10^{-9} ,衬度 6.21。W 异常由 13 个异常点组成,规模 11.22,平均值 9.35×10^{-6} ,最大值为 77.3×10^{-6} ,衬度 3.12。

4.2 成矿远景区

根据成矿地质条件、地球化学特征及已发现矿化点特征,圈定出 3 个成矿远景区(图4)。分别为色热多陇金钨成矿远景区(Ⅱ级)、多尔盖铅锌成矿远景区(Ⅱ级)、拉木龙钨铜金成矿远景区(Ⅲ级)。

(1) 色热多陇金钨成矿远景区

位于研究区南侧,呈北东向带状展布,面积为 225 km^2 。西起钦果嘎吉,东至研究区边部,长度为 25 km ;北起色热贡玛,南至研究区边部,宽度为 5 km 。出露地层为新元古界二云石英片岩、绿泥石英片岩、黑云石英片岩,志留系变质砂岩、粉砂岩。侵入岩主要有花岗岩、闪长岩。远景区内有 3 条近东西向断层,对区域内地质体及矿化蚀变带具有一定的控制作用。区内石英(细)脉发育,褐铁矿化明显,变质砂岩中新发现一处金矿点,Au 品位为 2.34×10^{-6} 。

远景区内共 10 处综合异常,分别为 HS33、HS35、HS36、HS37、HS42、HS43、HS44、HS45、HS47、HS48。异常以 Au、W 为主,伴有 As、Hg,各元素套合较好,浓集中心明显,具三级浓度分带,异常强度高。其中 HS37 异常 W 异常内带 2 个高值点分别为 158.2×10^{-6} 、 83.9×10^{-6} ,HS48 异常 Au 最高强度为 98.48×10^{-9} ,HS30 异常 Au 异常内带 3 个高值点达 $46.62 \times 10^{-9} \sim 144.62 \times 10^{-9}$,

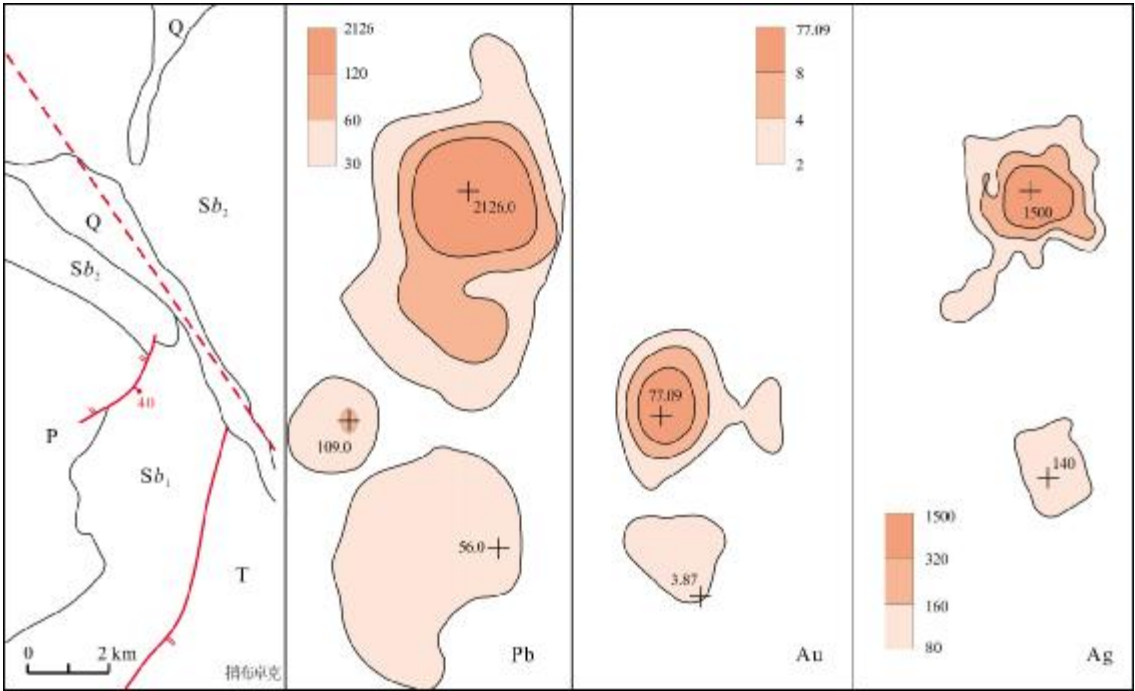


图 5 HS32 异常剖析图
Fig. 5 Analysis maps of HS32 anomaly

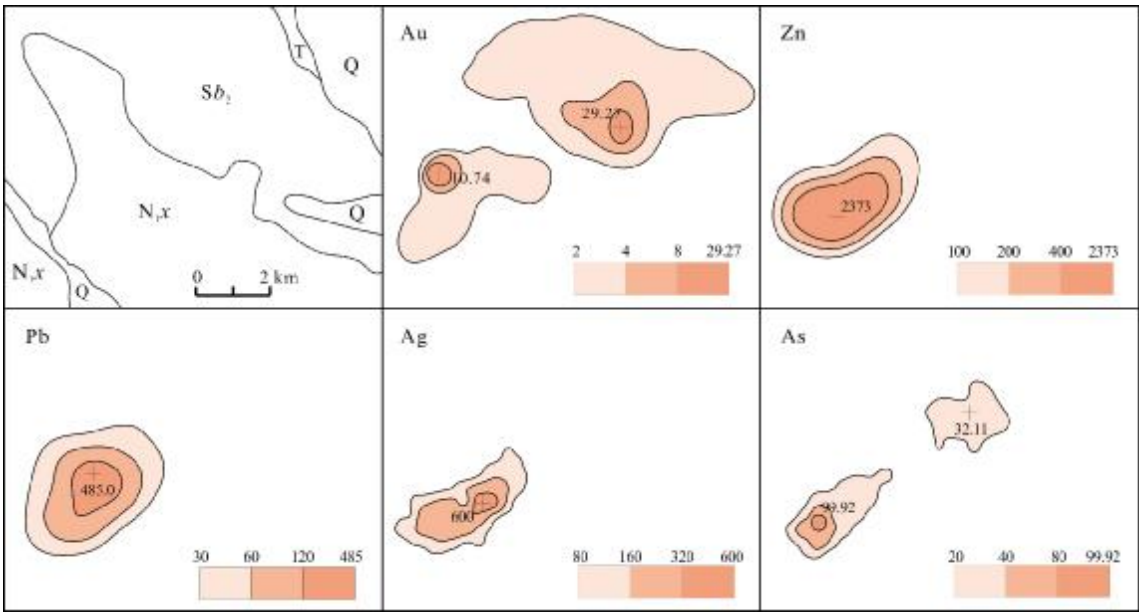


图 6 HS41 异常剖析图
Fig. 6 Analysis maps of HS41 anomaly

元古界阳康片岩和志留系巴龙贡嘎尔组变质砂岩中的石英细脉、面性的黄铁矿化和褐铁矿化为找矿的重要标志。

在异常查证中，位于 HS48 综合异常内阿莫勒合

切一带发现了一处金矿点，金矿化赋存于志留系巴龙贡嘎尔组变质砂岩中，岩石中见有星点状黄铁矿化及褐铁矿化，经拣块取化学样分析金品位达 2.34×10^{-6} 。在 HS47 综合异常区发现两条矿化蚀变带，一条位于异

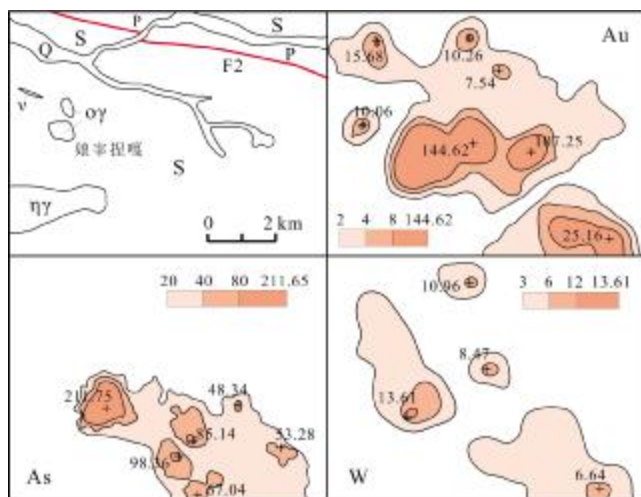


图7 HS45异常剖析图

Fig. 7 Analysis maps of HS45 anomaly

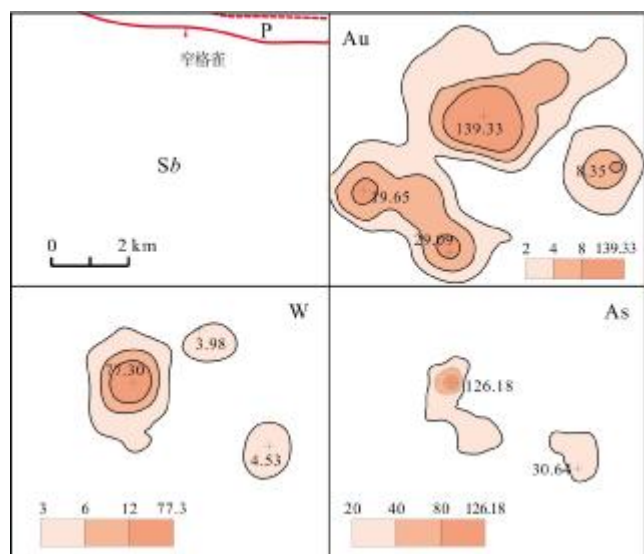


图8 HS47异常剖析图

Fig. 8 Analysis maps of HS47 anomaly

常的东北部,宽20~50 m,长300~400 m,走向北西,褐铁矿化呈面状沿节理面分布,黄铁矿呈星点状、团块状、细脉状分布,孔雀石化零星分布;另一条位于异常区的南部,长约50 m,宽10~30 m,走向近东西,见有褐铁矿化、黄铁矿化。

综上所述,认为该远景区具有一定的Au、W成矿潜力。

(2) 多尔盖金铅锌成矿远景区

位于研究区南西部,呈方形,面积为120 km²。该区地层有志留系变质砂岩、粉砂岩,二叠系—三叠系砂岩、粉砂岩及灰岩,新近系咸水河组砂岩、砾岩等。岩

浆岩有花岗闪长岩、石英脉,发育环状构造、北西向构造、北东向构造,环状构造与北西向构造、北东向构造均相交,环状构造中心地层为志留系变质砂岩,外环为二叠系—三叠系砂岩、粉砂岩、灰岩,花岗闪长岩沿环的北侧分布。区内金、铅锌的成矿前景与该变质砂岩及构造的分布具有密切关系,砂岩、板岩为成矿物质的富集提供有利的场所,一系列的次级断裂构造为成矿物质的运移提供了一定的场所和通道,闪长玢岩脉及石英脉提供了大量的含矿流体。

远景区内共包括6处综合异常,集中了研究区大部分的铅锌金类化探异常,分别为HS27、HS32、HS33、HS34、HS40、HS41。异常元素以Pb、Zn为主,伴生Au、Ag。Pb、Zn元素套合较好,浓集中心明显,具三级浓度分带,异常强度较高。其中HS32甲类Pb异常,最高强度 2126×10^{-6} ; HS34乙3类Au异常,最高强度 178.15×10^{-9} ; HS41甲类Zn异常,最高强度 2373×10^{-6} ; HS40乙3类Au异常,最高强度 178.15×10^{-9} 。其他综合异常强度稍低,也具有浓集中心、浓度分带。该远景区化探异常的分布及元素组合等各种特征与含矿地层志留系变质砂岩相吻合,总体呈北西向展布,严格受区域构造线控制,与哲合隆铅锌矿床、大尼铅矿具有相似的控矿因素。本区找矿应注重在志留系变质砂岩、粉砂岩中寻找石英脉及石英脉与地层的交汇部位,以出现面状的黄铁矿化、褐铁矿化为找矿的直接标志。

(3) 拉木龙钨铜金成矿远景区

位于研究区中部,西起曲龙,东至拉木龙休玛,北东最长约18 km,最宽处约14 km,呈近北东向带状分布,面积约250 km²。该区地层主要为新元古界片岩段,层间褶曲、节理发育,其次为少量的三叠系砂岩、粉砂岩、灰岩等。侵入岩为各种脉岩,其中以石英脉最为重要,沿片岩褶曲、节理分布,褐铁矿化明显。构造以北东向为主,北西向次之,大部分铜金钼类异常均沿构造分布。

该区共包括9处综合异常,集中了研究区大部分金铜钼类异常,以“低、小、弱”特征为主,主要元素为W、Cu、Au、Mo,伴生Ag。元素较为复杂,总体呈北东向展布。地球化学异常特征虽然表现较为“弱、小”,但该区域内地层构造等各种地质条件组合较好,地层中石英细脉、褐铁矿化较为发育,应为不容忽视的重要区域,也具有成矿的可能性。

5 结论

(1)阳康地区在新元古界阳康片岩内 Au、Pb、Zn 为高背景值,志留系巴龙贡嘎尔组内 Au、W、Pb、Zn 高背景值,二叠系—三叠系地层中 Cu 的背景值较高,是区内重要的找矿有利地段。

(2)研究区共圈定出 48 处地球化学综合异常,异常以 Au、W 为主,伴有 Cu、Pb、Zn、Mo 等。异常展布总体方向与构造线方向一致,呈北西向不规则展布。主要异常具有元素套合较好、浓集中心明显的特征。该区 Au、W 找矿潜力最大,Pb、Zn 也具一定找矿潜力。

(3)圈定出的 3 个成矿远景区以及在其中发现的一些重要找矿线索,可为该区进一步找矿提供依据。

致谢:整个野外地质调查工作及室内综合整理期间,得到了吉林省区域地质矿产调查所和青海省第五矿产勘查院的极大帮助,在此表示衷心感谢。

参考文献(References):

- [1]程志中,袁慧香,彭琳琳,等.基岩区寻找隐伏矿的地球化学方法:构造地球化学测量[J].地学前缘,2021,28(3):328-337,doi:10.13745/j.esf.sf.2021.1.20.
- Cheng Z Z, Yuan H X, Peng L L, et al. A geochemical method for finding concealed ore deposits in bed-rock outcrop area: application of tectono-geochemical survey[J]. Earth Science Frontiers, 2021, 28(3): 328-337, doi: 10.13745/j.esf.sf.2021.1.20.
- [2]肖进,徐琳,苏珊,等.青海南祁连哈尔科地区 1:50 000 水系沉积物测量地球化学特征及找矿方向[J].四川地质学报,2020,40(4):690-695.
- Xiao J, Xu L, Su S, et al. Geochemical characteristics and range of reconnaissance of stream sediment in the Ha'erke area, South Qilian, Qinghai[J]. Acta Geologica Sichuan, 2020, 40(4): 690-695.
- [3]赵娟,王泰山,李德彪,等.青海祁漫塔格地区 1:5 万水系沉积物测量方法技术及应用成果[J].地质与勘探,2017,53(4):739-745.
- Zhao J, Wang T S, Li D B, et al. The techniques and application achievements in 1:50 000 stream sediment survey of the Qimantage area, Qinghai Province[J]. Geology and Exploration, 2017, 53(4): 739-745.
- [4]张伟,刘铭.青海省黑柱山地区地球化学特征及找矿潜力分析[J].能源与环保,2021,43(8):123-130.
- Zhang W, Liu M. Analysis on geochemical characteristics and prospecting potential in Heizhushan Area, Qinghai Province[J]. China Energy and Environmental Protection, 2021, 43(8): 123-130.
- [5]白国典,何凯,琚根社,等.区域化探成果在青海北巴喀喀拉山地地质填图中的应用[J].物探与化探,2018,42(3):429-435.
- Bai G D, He K, Ju G S, et al. The application of regional geochemical exploration results to the geological mapping of the North Bayan Har Mountains area, Qinghai Province[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2018, 42(3): 429-435.
- [6]潘建,李贵义.地球化学方法在南祁连天峻县阳康曲一带找矿的应用[J].吉林地质,2019,38(3):55-58.
- Pan J, Li G Y. Application of geochemical method to prospecting in Yangkangqu area, Tianjun County, South Qilian[J]. Jilin Geology, 2019, 38(3): 55-58.
- [7]杨自安.西部高寒山区遥感与化探信息综合找矿定位预测研究[D].北京:中国地质大学,2005.
- Yang Z A. Minerals positioning prediction by integrating RS and geochemical information for western high and cold mountainous areas [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2005.
- [8]邹林.青海阿尔茨托山地区化探找矿信息的快速识别与综合评价[D].长沙:中南大学,2004.
- Zou L. The quick recognizing and comprehensive appraisal of geochemical exploration anomalies in Aercituoshan area, Qinghai Province [D]. Changsha: Central South University, 2004.
- [9]肖安成,余龙,熊光耀,等.祁连山南部地区三叠纪弧后前陆盆地——基于沉积填充与大地构造的证据[J].岩石学报,2021,37(8):2385-2400.
- Xiao A C, Yu L, Xiong G Y, et al. Triassic retroarc foreland basin in southern Qilian area: Evidence from sedimentary filling and tectonics [J]. Acta Petrologica Sinica, 2021, 37(8): 2385-2400.
- [10]李平,高峰晓,吕鹏瑞,等.祁连山—柴北缘地区岩浆活动的时空分布、成因演变及构造岩浆演化[J].西北地质,2023,56(4):283-317.
- Li P, Gao X F, Lü P R, et al. Spatial-temporal distribution, petrogenetic evolution and tectono-magmatic evolution in Qilian mountains and northern margin of Qaidam[J]. Northwestern Geology, 2023, 56(4): 283-317.
- [11]潘建,常立海,李贵义.南祁连阳康地区花岗岩锆石年龄及地质意义[J].吉林地质,2019,38(2):6-8.
- Pan J, Chang L H, Li G Y. Zircon age and geological significance of the granite in Yangkang area, South Qilian[J]. Jilin Geology, 2019, 38(2): 6-8.
- [12]潘建,李贵义,李广铁.青海省巴龙贡嘎尔组的重新划分及地质意义[J].世界地质,2019,38(4):900-909.
- Pan J, Li G Y, Li G T. Re-division of Balonggonggaer Formation in Qinghai Province and its geological significance[J]. Global Geology, 2019, 38(4): 900-909.
- [13]吴晨,陈宣华,丁林.祁连造山带构造演化与新生代变形历史[J].地学前缘,2023,30(3):262-281.
- Wu C, Chen X H, Ding L. Tectonic evolution and Cenozoic deformation history of the Qilian Orogenic Belt [J]. Earth Science Frontiers,

- 2023, 30(3): 262–281.
- [14]秦宇. 南祁连造山带新元古代—早古生代构造演化[D]. 西安: 西北大学, 2018.
- Qin Y. Neoproterozoic to Early Paleozoic tectonic evolution in the South Qilian Orogen[D]. Xi'an: Northwest University, 2018.
- [15]彭银彪. 祁连地块北缘早古生代变质作用对祁连造山带构造演化的制约[D]. 北京: 中国地质科学院, 2018.
- Peng Y B. Early Paleozoic metamorphism in the northern margin of the Qilian block: Constraint to the tectonic evolution of the Qilian belt[D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences, 2018.
- [16]李冰. 祁连造山带早古生代构造演化与新生代陆内生长变形研究[D]. 北京: 中国地质科学院, 2020.
- Li B. Study on the Early Paleozoic tectonic evolution and Cenozoic intracontinental development of the Qilian Orogen, northern Tibet [D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences, 2020.
- [17]陈宣华, 邵兆刚, 熊小松, 等. 祁连造山带断裂构造体系、深部结构与构造演化[J]. 中国地质, 2019, 46(5): 995–1020.
- Chen X H, Shao Z G, Xiong X S, et al. Fault system, deep structure and tectonic evolution of the Qilian Orogenic Belt, Northwest China [J]. *Geology in China*, 2019, 46(5): 995–1020.
- [18]方永坤, 曹成刚, 董峻麟, 等. 青海省天峻县阳康地区花岗岩岩体锆石 U–Pb 年代学及地球化学特征研究[J]. 物探与化探, 2021, 45(6): 1367–1377.
- Fang Y K, Cao C G, Dong J L, et al. Geochronology and geochemistry of the granodiorite intrusion in Yangkang area of Qinghai Province and its geological significance [J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2021, 45(6): 1367–1377.
- [19]柴云, 马文, 赵明福, 等. 青海省阳康地区晚奥陶世花岗岩地球化学特征及其地质意义[J]. 西北地质, 2019, 52(1): 52–65.
- Chai Y, Ma W, Zhao M F, et al. Geochemical characteristics and Geological Significance of Late Ordovician Granite in Yangkang area of Qinghai Province[J]. *Northwestern Geology*, 2019, 52(1): 52–65.
- [20]李冰, 陈宣华, 王增振, 等. 南祁连哈拉湖地区早古生代岩浆侵入事件及其构造热演化历史[J]. 岩石学报, 2022, 38(3): 793–812, doi: 10.18654/1000-0569/2022.03.12.
- Li B, Chen X H, Wang Z Z, et al. The Early Paleozoic intrusive magmatism and tectonic thermal evolution in the Hala Lake area, southern Qilian, NW China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 38(3): 793–812, doi: 10.18654/1000-0569/2022.03.12.
- [21]王进寿, 潘彤, 薛万文, 等. 青海省柴北缘成矿带区域成矿规律综述[J]. 矿床地质, 2022, 41(5): 917–938, doi: 10.16111/j.0258-7106.2022.05.003.
- Wang J S, Pan T, Xue W W, et al. A summary regional metallogenic regularity of northern Qaidam metallogenic belt in Qinghai Province [J]. *Mineral Deposits*, 2022, 41(5): 917–938, doi: 10.16111/j.0258-7106.2022.05.003.
- [22]刘建楠, 肖克炎, 陈凤河. 祁连成矿带成矿特征与资源潜力分析[J]. 地质学报, 2016, 90(7): 1413–1422.
- Liu J N, Xiao K Y, Chen F H. Ore-forming characteristics and resource potential analysis of the Qingling Metallogenic Belt[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2016, 90(7): 1413–1422.
- [23]谭文娟, 杨合群, 张小平, 等. 祁连及邻区成矿区带的划分[J]. 地质找矿论丛, 2012, 27(1): 9–15.
- Tan W J, Yang H Q, Zhang X P, et al. Division of metallogenic belts in Qilian Mountain and adjacent areas [J]. *Contributions to Geology and Mineral Resources Research*, 2012, 27(1): 9–15.
- [24]贾群子, 杨钟堂, 肖朝阳, 等. 祁连山金属矿床成矿带划分及分布规律[J]. 矿床地质, 2002, 21(S1): 140–143.
- Jia Q Z, Yang Z T, Xiao C Y, et al. Subdivision of Qilian Metallogenic belt and ore-forming regularities[J]. *Mineral Deposits*, 2002, 21(S1): 140–143.
- [25]顾瑛, 詹发余, 易平乾, 等. 青海南祁连成矿带北缘东段金成矿环境与找矿前景分析——以刚察县纳耳扎地区为例[J]. 西北地质, 2007, 40(4): 27–35.
- Gu Y, Zhan F Y, Yi P Q, et al. Studies on gold mineralization setting and ore prospect in east section of northern margin of south Qilian Mineralization Belt in Qinghai Province: An example of the Naerzha area in Gangcha County [J]. *Northwestern Geology*, 2007, 40(4): 27–35.
- [26]刘杰, 王晓娜. 南祁连党河南山地区金矿成矿规律及找矿远景分析[J]. 世界有色金属, 2021(6): 47–48.
- Liu J, Wang X N. Analysis of metallogenic regularity and prospecting prospect of gold deposit in Nanshan area of Danghe River in South Qilian[J]. *World Nonferrous Metals*, 2021(6): 47–48.
- [27]路睿, 胡加斌, 胡兆国, 等. 青海省天峻县哲合隆铅锌矿床地质特征及找矿标志[J]. 西部资源, 2017(4): 82–84.
- Lu R, Hu J B, Hu Z G, et al. Geological characteristics, prospecting criterias of Zhehelong Zn–Pb deposit in Tainjun cite, Qinghai Province [J]. *Western Resources*, 2017(4): 82–84.
- [28]刘辰, 姚夫义, 陈正国. 青海省天峻县龙门地区钨多金属矿找矿前景分析[J]. 科技创业月刊, 2014, 27(5): 25–27.
- Liu C, Yao F Y, Chen Z G. Tianjun County in Qinghai Province of Longmen region tungsten polymetallic ore prospecting prospect analysis[J]. *Pioneering with Science & Technology Monthly*, 2014, 27(5): 25–27.
- [29]张向宁, 马晓辉, 李艳翔. 青海省哲合隆东部铅锌矿综合异常特征浅析[J]. 世界有色金属, 2020(10): 130–131.
- Zhang X N, Ma X H, Li Y X. Analysis of comprehensive anomalous characteristics of lead-zinc mine in eastern Zhehelong, Qinghai Province [J]. *World Nonferrous Metals*, 2020(10): 130–131.
- [30]魏本赞, 卢辉雄, 汪冰, 等. 中祁连大白石头沟钛铁矿床地质特征与成因探讨[J]. 地质与资源, 2022, 31(4): 492–499. doi: 10.13686/j.cnki.dzyzy.2022.04.005.
- Wei B Z, Lu H X, Wang B, et al. Geology and genesis of Dabaishitougou

- titanium magnetite deposit in middle Qilian Mountains[J]. *Geology and Resources*, 2022, 31(4): 492–499. doi: 10.13686/j.cnki.dzyzy.2022.04.005.
- [31] 张浩. 西昆仑区域成矿地质背景和成矿规律[J]. *世界有色金属*, 2020(6): 138–139.
- Zhang H. Metallogenic geological background and metallogenic law of West Kunlun[J]. *World Nonferrous Metals*, 2020(6): 138–139.
- [32] 秦丹鹤, 侯红星, 邵兴坤. 青海曲旁浪斜地区水系沉积物地球化学特征及找矿远景[J]. *地质与资源*, 2023, 32(4): 418–426, doi: 10.13686/j.cnki.dzyzy.2023.04.005.
- Qin D H, Hou H X, Shao X K. Geochemistry of stream sediments and exploration prospects in Qupanglangxie area, Qinghai Province[J]. *Geology and Resources*, 2023, 32(4): 418–426, doi: 10.13686/j.cnki.dzyzy.2023.04.005.
- [33] 刘劲松, 邹先武, 汤朝阳, 等. 大巴山地区水系沉积物地球化学特征及找矿方向[J]. *中国地质*, 2016, 43(1): 249–260.
- Liu J S, Zou X W, Tang C Y, et al. Geochemical characteristics of stream sediments and ore-prospecting orientation in Daba Mountain area[J]. *Geology in China*, 2016, 43(1): 249–260.
- [34] 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 Hingan Mts[J]. *Geoscience*, 2012, 26(5): 1043–1050.
- [35] 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-Huangcaoquan area of Beishan, Gansu Province[J]. *Geoscience*, 2016, 30(6): 1276–1284.
- [36] 王磊, 胡兆国, 李向民, 等. 甘肃省党河南山乌兰达坂沟-扎子沟地区水系沉积物地球化学特征及找矿远景预测[J]. *中国地质*, 2020, 47(2): 516–527.
- Wang L, Hu Z G, Li X M, et al. Geochemical characteristics of stream sediments and prediction of mining prospects in the Wulandaban-Zhazigou area, Danghe South Mountain, Gansu Province[J]. *Geology in China*, 47(2): 516–527.
- [37] 张伟, 安茂国, 王志鹏, 等. 青海省那陵格勒河中游地区水系沉积物地球化学特征及找矿远景[J]. *现代地质*, 2023, 37(3): 690–707.
- Zhang W, An M G, Wang Z P, et al. Geochemical characteristics of stream sediments and prospecting in the middle reach of the Nalinggele River, Qinghai Province[J]. *Geoscience*, 2023, 37(3): 690–707.
- [38] 韩荣文, 高洪生, 马英, 等. R 型聚类分析和因子分析在青海阿拉克湖-冬给措纳湖地区水系沉积物测量中的应用[J]. *西部资源*, 2016(3): 81–83.
- Han R W, Gao H S, Ma Y, et al. Application of R-type cluster and factor analysis in the stream sediment survey in Alag Lake-Donggi Cona Lake, Qinghai [J]. *Western Resources*, 2016(3): 81–83. (in Chinese)

(上接第 828 页/Continued from Page 828)

- [28] 田耀武, 黄志霖, 肖文发, 等. 三峡库区兰陵流域森林土壤有机碳、有机质与容重间的回归模型[J]. *华南农业大学学报*, 2016, 37(1): 89–95.
- Tian Y W, Huang Z L, Xiao W F, et al. Organic carbon, organic matter and bulk density regression models for forest soils in Lanlingxi watershed, Three Gorges Reservoir area[J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2016, 37(1): 89–95.
- [29] 梁海超, 师华定, 白中科, 等. 中国北方典型农牧交错区的土壤风蚀危险度研究[J]. *地球信息科学学报*, 2010, 12(4): 510–516.
- Liang H C, Shi H D, Bai Z K, et al. Assessment of wind erosion hazard degree in typical farming-pastoral ecotone of northern China [J]. *Journal of Geo-Information Science*, 2010, 12(4): 510–516.