

王磊, 杨建国, 王小红, 等. 甘肃北山拾金坡—南金滩地区水系沉积物地球化学特征及找矿远景[J]. 中国地质, 2016, 43(2): 585–593.
Wang Lei, Yang Jianguo, Wang Xiaohong, et al. Geochemical characteristics of stream sediments and prospecting direction in the Shijinpo–Nanjintan area of Beishan, Gansu Province[J]. *Geology in China*, 2016, 43(2): 585–593(in Chinese with English abstract).

甘肃北山拾金坡—南金滩地区水系沉积物 地球化学特征及找矿远景

王 磊 杨建国 王小红 齐 琦 李文明 姜安定 张洲远

(中国地质调查局西安地质调查中心, 国土资源部岩浆作用成矿与找矿重点实验室, 陕西 西安 710054)

摘要: 依据甘肃北山拾金坡—南金滩地区 1:5 万水系沉积物测量成果, 研究了区内元素分布、单元素异常及异常元素组合特征, 共圈出 11 处综合地球化学异常, 结合异常所处的地质特征, 划分为 4 类 11 处成矿远景区。第一类综合异常处于中酸性侵入岩区, 与断裂构造密切相关, 以 Au 为主成矿元素, 是寻找蚀变岩型和石英脉型金矿的有利地区; 第二类综合异常处于蓟县系平头山组地层区, 是寻找喷流沉积型铅锌矿、铁矿及矽卡岩型多金属矿的有利地区; 第三类综合异常处于敦煌群地层出露区, 是寻找变质热液型金矿的有利地区; 第四类综合异常与基性—超基性杂岩体有关, 是寻找铜镍矿的有利地区。

关 键 词: 水系沉积物测量; 综合异常; 找矿远景区; 拾金坡—南金滩; 甘肃北山

中图分类号: P622; P624; P632 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–3657(2016)02–0585–09

Geochemical characteristics of stream sediments and prospecting direction in the Shijinpo–Nanjintan area of Beishan, Gansu Province

WANG Lei, YANG Jian–guo, WANG Xiao–hong, QI Qi,
LI Wen–ming, JIANG An–ding, ZHANG Zhou–yuan

(Key Laboratory for the Study of Focused Magmatism and Giant Ore Deposits, MLR, Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: Based on the result of the stream sediment survey in Shijinpo–Nanjintan area of Gansu Province, the authors studied the characteristics of the elements distribution, the single element anomaly and the element assemblage. According to the distribution of element anomalies, the types of assemblages and the anomaly controlling factors, the study area is subdivided into 11 anomalous zones. The eleven anomalous zones can be further divided into four types: the first kind of anomalies is related to the intermediate acid intrusive rocks and the fracture structures, and Au is the main metallogenic element. The anomalous zones are the potential

收稿日期: 2015–03–19; 改回日期: 2015–06–01

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目(12120113046700)及国家重大科学仪器设备开发专项(2011YQ05006012)联合资助。

作者简介: 王磊, 男, 1985 年生, 硕士生, 工程师, 主要研究方向: 矿产地质勘查; E-mail: tleiwang@163.com。

通讯作者: 杨建国, 男, 1962 年生, 研究员, 主要研究方向: 成矿规律及找矿; E-mail: yjg62126@126.com。

areas of quartz vein type and broken belt type gold deposits. The second type of the anomalies is related to the formation of the Jixian system, and these anomalous zones are the important potential areas of Pb, Zn, Fe and polymetallic deposits. The third type of the anomalous zones is related to the Dunhuang system, and the anomalous zones are potential areas of metamorphic hydrothermal type gold deposits. The fourth type of the anomalous zones is related to the intrusion of basic-ultrabasic complex, and the anomalous zones are the potential areas of magmatic liquation Cu-Ni sulfide deposits.

Key words: stream sediments; prospecting direction; Shijinpo-Nanjintan area; Beishan in Gansu Province

About the first author: WANG Lei, male, born in 1985, engineer, mainly engages in the study of geotectonics and metallogenic regularity; E-mail: tleiwang@163.com.

Fund support: Supported by China Geological Survey Program (No. 12120113046700) and National Key Scientific Apparatus Development of Special Item (No. 2011YQ05006012).

1 引 言

随着找矿工作程度的不断提高,地表矿难见踪影,亟需寻找隐伏矿。水系沉积物地球化学测量可以为戈壁荒漠丘陵地区寻找有色金属矿产发挥重要的作用。北山成矿带是中国西北地区内生金属矿床的主要资源基地之一,已经发现铜多金属矿、铅锌矿、金矿、铁矿等内生金属矿床几十处,前人对该地区金及多金属矿床地质特征及成因进行了较多的研究^[1-7],但对该地区成矿潜力方面研究相对薄弱。拾金坡—南金滩地区是北山地区一个重要的金及多金属成矿带,区内已知金矿床有:拾金坡金矿、磨金铜金矿、南金滩金矿、南泉银金矿、花西沟金矿及多处金矿点。1:20万化探在该区有明显的金异常显示,2014年在甘肃北山拾金坡—南金滩一带开展了1:5万水系沉积物地球化学测量,获得了各种地球化学参数及特征,对本区地质成矿具良好的指示意义。本文以水系沉积物测量数据入手,分析元素地球化学特征与地层及断裂构造的关系,在总结区域地质背景及成矿规律的基础上划分成矿远景区,探讨找矿方向。

2 地质概况

2.1 景观特征及样品采集

测区位于甘肃省柳园镇北部地区,包括拾金坡—南金滩一带,面积约375 km²。属戈壁干旱荒漠环境,海拔一般在1700~2200 m,呈中低山、宽浅谷的地貌景观,处于风化夷平的后期阶段,气候极为干燥,多风,少雨,属典型的大陆性气候。区内植被极不发育,仅在沟谷中见稀疏的植物,无真正的土壤层发育,地表多为基岩风化的残坡积物或风沙的混合物。由于蒸发强烈,在残坡积和松散运积层中多

夹杂有盐类沉积物,以风蚀作用为主,物理风化和机械搬运作用强烈,化学风化和生物化学风化作用微弱,水系多为短暂阵雨洪流形成,一般水系较短(I级水系)^[8]。景观因素对表生异常的元素组合特征没有明显影响,表生异常的元素组合特征是表生地球化学异常标志中最为稳健的标志,区域表生地球化学异常的元素组合特征基本反映了原生矿化或原生异常的元素组合特征^[9-10]。采样点密度为5~6点/km²,能够最大限度地控制汇水面积。经采样实验验证,采样粒级为-4~+80目,可有效圈定异常。

2.2 测试主要技术指标

样品的加工测试严格按照1:5万地球化学普查规范执行。样品加工分析均在西安地质调查中心测试中心完成,待测样品首先由实验室进行加工,包括烘干、粉碎、过筛检查、称样、保存等流程,样品加工全过程损耗率不得超过5%,缩分误差不得大于3%,过筛率必须在98%以上,样品分析完成后,并保存副样。样品分析方法包括电感耦合等离子发射光谱法(ICP-OES)、等离子体质谱法(ICP-MS)、原子荧光法(HG-AFS)、发射光谱法(ES)等多元素分析方法,分析了Cu、Pb、Zn、Au、Ag、As、Sb、Hg、W、Mo、Sn、Ni、Co、Mn 15种元素,元素分析检出限要求见表1。重复样、标准样、随机抽查、内检、密码样等级计算,由分析质量监督员严格按规范规定的质量指标执行。按质量管理规范要求插入国家一级水系沉积物标准物质与样品同步分析。其中Sb、Hg、As三种元素报出率分别为98.05%、99.45%、99.87%,其余元素报出率均为100%。重复样合格率均在90%以上。

2.3 地质特征

2.3.1 构造

北山地区位于中亚造山带中段南部,是中国重

表1 水系沉积物样品元素分析检出限要求
Table 1 The element detection limit of the stream sediment samples

元素	检出限	元素	检出限	元素	检出限	元素	检出限	元素	检出限
Ag	0.02	Hg	0.0005	Sb	0.2	Ni	3	W	0.5
As	0.5	Mn	30	Sn	1	Pb	5	Zn	15
Au	0.0003	Mo	0.5	V	20	Co	1	Cu	1.5

注:所有元素检出限单位均为 10^{-6} 。

要的铜、钼、金、铁多金属成矿带^[11]。研究区位于北山南带,东至花牛山金银铅锌矿田,北至炭山子,南至小泉东,西至拾金坡金矿区,北至布特—大泉一线(图1)。地处塔里木板块,敦煌微板块北缘,属白玉山一方山口—鹰嘴红山早古生代被动陆缘带^[12-13]。区域断裂构造极为发育,以近EW向的布特南山—花牛山断裂和NE向的狼山—北大泉断裂(可能为阿尔金断裂的东延)为主。其中近EW向断裂为区内的主要控岩构造。受两组不同方向断裂的影响,在区内形成了“X”型断裂系统。区内已知的金矿,如拾金

坡金矿、磨金铜金矿、南金滩金矿均分布于两组或一组断裂附近,受构造控制明显(图1)。

2.3.2 地层

出露地层以蓟县系平头山组(Jx)、古元古界敦煌群((Ar₃-Pt₁)D)、新近系苦泉组(Nzk)、第四系(Q)为主。蓟县系平头山组(Jx)分布于布特以南、狼山以西、小泉以东及花牛山以西,呈东西带状分布,其岩性为一套富镁碳酸盐岩夹少量碎屑岩建造,可划分为上、中、下3个岩组,中、下岩组均为浅海相富镁碳酸盐岩建造,上岩组可分为3个岩性段,第一岩性段

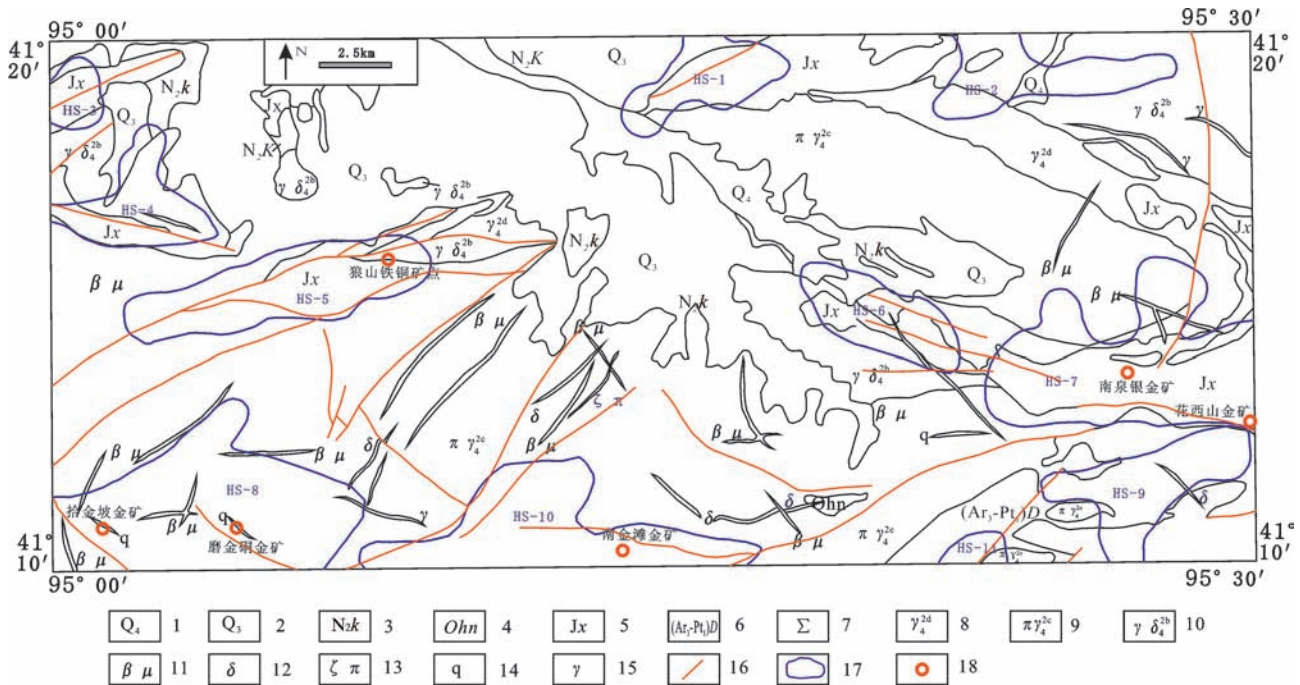


图1 甘肃北山拾金坡—南金滩地区综合异常划分图

1—第四系; 2—古近—新近系; 3—新近系; 4—奥陶系; 5—蓟县系; 6—敦煌群; 7—超基性杂岩; 8—海西中期斑状花岗岩; 9—海西中期斑状花岗岩; 10—海西中期花岗岩闪长岩; 11—辉绿岩脉; 12—闪长岩脉; 13—英安斑岩脉; 14—石英脉; 15—花岗岩脉; 16—断裂; 17—综合异常及编号; 18—矿床(点)

Fig. 1 Comprehensive anomalies and prospective area of the study area

1—Quaternary; 2—Paleogene-Neogene; 3—Neogene; 4—Ordovician; 5—Jixian System; 6—Dunhuang Group; 7—Ultrabasic complex; 8—Middle hercynian granite; 9—Middle hercynian porphyritic granite; 10—Middle hercynian granodiorite; 11—Diabase vein; 12—Diorite vein; 13—Dacite porphyry vein; 14—Quartz vein; 15—Granite vein; 16—Fault; 17—Synthetic anomaly; 18—Deposit (ore spot)

为浅海、滨海相碎屑岩建造为主;第二岩性段以千枚岩、板岩为主;第三岩性段相对复杂,既有浅海相碳酸盐岩及泥质岩建造又有中基性火山熔岩、火山碎屑岩夹千枚岩建造。在其顶部的第三岩性段是“红山式”铁矿和“花牛山式”银铅锌矿的重要含矿层位^[14]。

古元古界—新太古界敦煌群((Ar₃-Pt₁)D)主要分布于研究区的东部南缘,整体呈东西向延伸,被华力西期花岗岩侵位,受断裂构造破坏,支离破碎。其岩性为一套经受多期次构造变形-变质作用改造和重建的复杂地质体组合,可分解成灰色长英质片麻岩、变质表壳岩和中浅变质侵入岩。敦煌群可划分为上下2个岩组,下岩组为一套深变质岩,主要包括混合岩、混合片麻岩、斜长角闪片麻岩夹石英片岩;上岩组为中薄层条带状蛇纹石化大理岩夹斜长角闪岩、白云石英岩。敦煌群地层为区域金、铁矿重要含矿层位,产蚀变岩性金矿(如钴井沟、金龙山金矿、小宛南山金矿)和矽卡岩型铁铜矿化(半坡子、金沟子和花南沟铁铜矿点等)。

2.3.3 岩浆岩

研究区出露大面积的中酸性侵入岩体,主要为拾金坡复式岩体,该岩体位于辉铜山—花牛山西北,白峡尼之东,狼山以南,是区内最为重要的含金岩体。在该岩体中已发现有金沟井、拾金坡、磨金碛、南金滩等10余处中小型金矿床及矿点。该复式岩体呈岩基产出,呈近东西向展布,长约66 km,东部宽12~18 km,西段宽3~4 km,总面积约600 km²。可划分为3个侵入期次,第一期为石英闪长岩岩株,面积约13 km²;第二期为中粗粒斑状花岗岩,为该复

式岩体的主侵入体,出露面积约占岩体总面积的90%以上;第三期为细粒黑云母二长花岗岩岩株,主要出露于该复式岩体的东西边缘,面积约12 km²。岩体中脉岩发育,主要包括辉绿岩脉、辉长岩岩脉、细粒花岗岩脉、伟晶花岗岩脉、花岗斑岩脉、石英脉和煌斑岩脉等,其中以辉绿岩脉和石英脉分布最为广泛。经前人研究该岩体为侵位于华力西—印支期,为壳幔混染花岗质岩浆沿深大断裂带脉动式侵位的产物^[15-16]。其中,中酸性侵入岩面积约占测区面积的60%。

3 元素地球化学特征

3.1 地质单元及地球化学参数

对拾金坡—南金滩地区水系沉积物原始数据,经循环剔除离群数据后,取 $X+2S$ 为异常下限值,圈定单元异常图,发现在蓟县系平头山组和敦煌群中异常明显,并与这2种地层出露范围基本吻合。为了消除不同地质单元内背景值的差别而引起的假异常,对研究区内不同地质单元进行了背景统计(表2)。背景值计算方法如下:首先分别计算各地质单元不同元素原始数据的均值(X_1)和标准偏差(Sd_1);②按 X_1+nSd_1 的条件剔除一批高值后获得一个新数据集,再计算此数据集的均值(X_2)和标准偏差(Sd_2);③重复第二步4次(由于不同地质单元数据量较少,如果剔除次数过多,数据剔除量大,影响最终数据的统计),求出最终数据集的均值(X)和标准偏差(Sd),将 X 做为背景值。由表2可以看出,15种元素在蓟县系平头山组和敦煌群中背景值明显高于其他地质单元,但由于这两套地层又是区内重要的

表2 甘肃北山拾金坡—南金滩地区不同地质单元元素背景值统计

Table 2 Background values of different elements in different geological units in Shijinpo-Nanjintan area, Beishan, Gansu Province

地质单元	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	W	Mo	As	Sb	Hg	V	Sn	Au	Ag	Mn
Q4	8.20	22.27	25.94	8.23	3.81	1.03	0.76	4.72	0.35	7.95	34.27	1.76	0.86	50.89	286.16
Q3	9.87	22.73	30.45	9.44	4.44	0.85	0.71	5.23	0.40	8.64	34.66	1.98	0.90	50.24	323.64
N _{2k}	10.82	21.02	31.44	10.42	4.68	0.78	0.71	5.24	0.37	8.58	40.97	2.00	1.13	50.21	333.69
Jx	22.23	24.50	54.09	22.87	9.00	1.41	1.73	13.18	0.95	11.63	59.91	1.92	1.34	59.60	744.81
(Ar ₃ -Pt ₁)D	21.84	29.10	57.27	19.06	11.20	2.19	1.11	21.82	1.15	10.33	72.12	3.18	1.62	51.76	709.46
γ	9.87	25.61	34.38	9.58	5.00	1.23	0.78	5.00	0.35	9.15	31.89	2.47	0.93	49.83	363.36
δ	15.50	18.10	42.78	14.98	8.23	1.18	0.77	4.90	0.39	9.89	53.87	2.29	0.66	50.98	539.66

注: Au、Ag、Hg 含量单位为10⁻⁹, 其余为10⁻⁶。

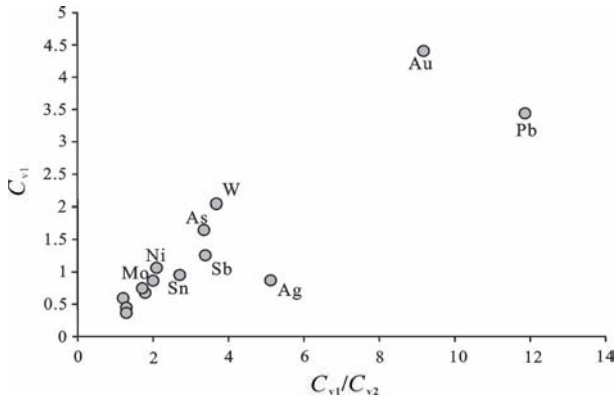


图2 研究区15种元素变化系数解释分异程度图
Fig. 2 Differentiation degree explanation from variation coefficients of 15 elements in the study area

含矿层位,且出露面积不大,因此,在这两套地层出露区利用主成矿元素数据图并结合单元素异常图圈定综合异常。

原始数据集的变化系数(C_{v1})与背景数据集的变化系数(C_{v2})分别反映了2类数据集的离散程度, C_{v1} 反映元素地球化学场的相对变化幅度, C_{v2} 反映背景值计算时的削平程度, C_{v1}/C_{v2} 是衡量元素含量数据集离散程度的指标^[17]。首先循环剔除原始数据中离群数据($X \pm 3S$),将剩余数据作为背景数据集,统计计算各元素原始数据集的变化系数(C_{v1})和背景数据集的变化系数(C_{v2}),用 C_{v1}/C_{v2} 反映背景叠代处理对离散群的特高值和特低值的削平程度^[9]。利用上述两个参数绘制的元素变化系数图可以反映含量变化程度、高强数据的多少,从而进一步反映富集成矿的可能性。分异程度强、高强数据多的元素有Pb、Au、Ag、W、Sb、As 6种元素(图2),可作为区域找矿的指示元素,其中富集成矿可能性较大的为Pb、Au、Ag,与区内存在的花牛山铅锌矿、拾金坡金矿、南泉银金矿对应良好。

3.2 元素组合及异常圈定

3.2.1 元素组合特征

不同元素组合是不同地球化学信息的综合反映,与不同地质成矿作用有关。本次对区内3678个数据进行了R型聚类分析,由图3可以看出,相关性大于0.5的元素有Co-V-Zn-Mn-Cu-Ni-Mo、Pb-Ag-As-Sb呈明显的正相关。其中As-Sb、Pb-Ag为中低温前缘晕元素组合、近矿晕元素组合,主要为

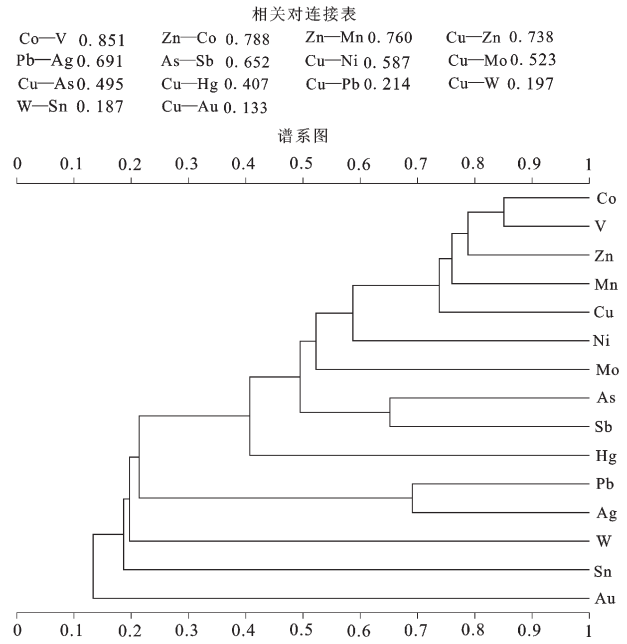


图3 拾金坡—南金滩地区水系沉积物元素R型聚类分析谱系图
Fig. 3 Cluster analysis diagram of elements from stream sediments in Shijinpo-Nanjintan area

成矿热液活动的产物,与成矿关系密切,这两组元素在已知花牛山金银铅锌矿田及拾金坡、南金滩金矿区均有不同程度的发育。Cu-Ni与测区内出露的基性—超基性杂岩有关;Co-V-Zn-Mn-Cu与区内存在的蓟县系—寒武系有较好的背景含量有关;Au具有独立性;利用Au、Pb-Ag、As-Sb、Co-V-Zn-Mn-Cu这4类不同元素组合,圈定综合异常。

3.2.2 异常下限的确定及异常圈定

异常下限是根据背景值按一定置信度所确定的异常起始值,是分辨地球化学背景和异常的一个量值界限。异常下限的确定方法有传统统计法、概率格纸图解法、多重分形法、累积频率法等。本次利用GeoIPAS软件将小于和大于($X \pm 3S$)的数值循环剔除,次数设定4次。频率直方图分组,初值和终值分别选择剔除高值数据后的最小值和最大值,分组数为5~10。将分组后的数据统计结果填入表内,编绘累积频率图。累积频率图的制作方法:取一平面直角坐标系,以横坐标表示含量对数值,以纵坐标表示累积频率,再用组上限为横坐标,用该组对应的累积频率为纵坐标,依次绘出各坐标点的位置,最后用圆滑曲线将各点连接起来,就得到频率分布

表3 拾金坡—南金滩地区水系沉积物指示元素地球化学参数
Table 3 Geochemical parameters of stream sediments in Shijinpō-Nanjintan area

参数	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	W	Mo	As	Sb	Hg	V	Sn	Au	Ag	Mn
X_{\max}	2.69	45.2	74.1	30	14.2	3.38	1.96	15.51	0.91	17.00	97.00	4.75	2.54	78.00	835.00
X_{\min}	28.2	3.66	7.40	1.63	1.41	0.08	0.17	1.00	0.2	5.00	3.99	0.47	0.16	32.00	130.00
X	11.43	23.8	36.21	11.38	5.77	1.17	0.81	5.53	0.40	9.42	39.19	2.27	0.95	50.71	377.51
S	5.19	6.80	12.48	5.81	2.75	0.66	0.35	2.73	0.15	2.62	19.09	0.79	0.45	8.53	145.15
Cv	0.45	0.29	0.35	0.51	0.48	0.56	0.43	0.49	0.37	0.28	0.49	0.35	0.48	0.17	0.38
T	22.0	38.0	61.5	23.0	11.3	2.5	1.5	11.0	0.70	12.0	78.0	3.8	1.9	68	670
K	0.30	1.59	0.42	0.2	0.18	0.49	0.41	2.91	2.64	0.12	0.4	0.55	0.23	1.01	0.48

注: X 算术平均值; X_{\max} 最大值; X_{\min} 最小值; S 标准离差; Cv 变化系数; T 异常下限; K 浓集克拉克值; Au、Ag、Hg含量单位为 10^{-9} ,其它元素含量单位为 10^{-6} 。

曲线;利用频率分布曲线求出 $\lg M_e$ (M_e 为剔除高值数据的众数)和 σ (σ 为元素含量的对数标准离差)。频率分布曲线上累积频率为50%的点,所对应的横坐标为 $\lg M_e$,而累积频率为15.9%,84.1%的点,所对应的横坐标为 $(\lg M_e - \sigma)$,故可求出 σ 。然后求出背景值(Co)(迭代处理4次后的数据平均值),再求出异常下限($T = Co + K\sigma$),由于研究区成矿地质条件较好,故 K 取常数1(K 值愈小,异常值出现的可能性愈大, K 值愈大,异常值出现的可能性愈小)。由于分组数的不同,计算出的异常下限略有不同,但相差较小,取其平均值作为异常下限。根据计算出的异常下限,编绘异常图。计算结果见表3。

3.3 综合异常特征及找矿远景区

利用计算出的异常下限圈定单元素异常,根据单元素异常特征、元素组合特征并结合地质情况圈定综合异常,共圈出11处综合异常,其中与中酸性侵入岩有关的综合异常2处,与蓟县系地层出露有关的综合异常6处,与敦煌群有关的综合异常2处,与基性—超基性杂岩有关的综合异常1处。

3.3.1 以中酸性侵入岩有关的综合异常(HS-8和HS-10)

该类综合异常元素组合为Au-W-As-Hg,是本区重要异常之一,异常呈东西向展布,具多个浓集中心(图4),与东西向及北东向断裂关系密切,Au异常面积达 56 km^2 。Au极大值达 52.7×10^{-9} 。

该异常区内发育有3处金矿床(拾金坡中型、南金滩和磨金碛小型)及多处金矿点。异常区出露岩

性主要为拾金坡复式中酸性岩体,主要岩石类型有石英闪长岩、花岗闪长岩、花岗岩和斑状花岗岩。岩体呈近东西向展布,受东西向区域深大断裂控制。区内脉岩发育,走向主要呈近东西向和南北向,少数呈北东向和北西向,脉岩种类有石英脉、细晶岩脉、闪长岩(玢)脉、辉绿岩脉、石英闪长岩脉、英安岩脉及辉长岩脉等,以辉绿岩脉和石英脉最为发育。异常区内出露地层面积相对较小,主要有蓟县系大理岩,中震旦统白云岩、结晶灰岩、硅化大理岩夹千枚岩、变质长石砂岩及硅质板岩,中—下奥陶统花牛山群混合岩、板岩、变砂岩等。异常区内断裂构造发育,以东西向和北东向两组为主,其中北东向断裂为东西向深大断裂的次级断裂,两组断裂交汇部位,矿化蚀变情况较好。在拾金坡岩体南部金沟井—拾金坡—南金滩一带,已发现金矿床(点)10余处,找矿前景较好。

3.3.2 与蓟县系地层出露有关的综合异常

与蓟县系地层出露有关的综合异常主要有HS-1、HS-3、HS-4、HS-5、HS-6和HS-7)6处异常,该6处综合异常均与蓟县系地层相对应,异常元素组合复杂,几乎囊括了全部15种元素,以HS-7综合异常最为典型,其中产有南泉银金矿、花西滩铁铜锡矿、花西滩锰矿、花西山金银矿及多处矿点,异常规模达 666.58 km^2 。蓟县系平头山组为区内重要的含矿层位,产喷流沉积型银铅锌多金属矿和热水沉积型赤铁—磁铁矿床、白云岩矿床等,如花牛山银铅锌矿床、红山铁矿、杨岭铁矿、长黑山铁矿、大泉白

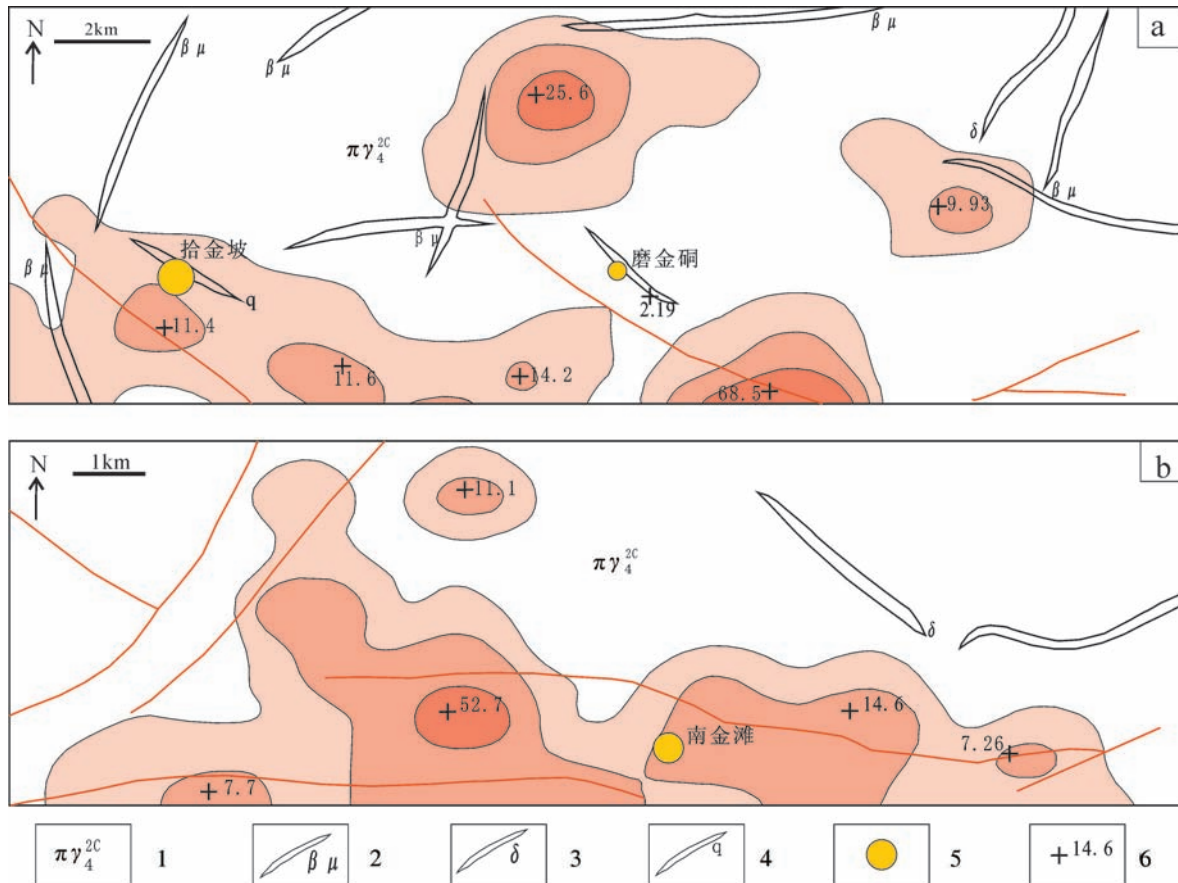


图4 甘肃北山拾金坡—南金滩地区 HS-8(a)和 HS-10(b)综合异常区 Au 元素异常解析图

1—海西中期斑状花岗岩; 2—辉绿岩脉; 3—闪长岩脉; 4—石英脉; 5—金矿床; 6—金元素极大值

Fig. 4 Anomaly resolution map of No. HS-8 (a) and HS-10 (b) in Shijinpo-Nanjintan area, Beishan Mountain, Gansu Province

1—Middle Hercynian porphyritic granite; 2—Diabase dykes; 3—Diorite vein; 4—Quartz vein; 5—Gold deposit; 6—Maximum of Au

云岩矿床等。因此应加强其他几个综合异常区的检查对比, 寻找同类型的矿床。

3.3.3 与敦煌群有关的综合异常

异常位于花牛山多金属矿田南部, 发育两处综合异常(HS-9和HS-11), 异常组合复杂, 主要有 Au-Ag-Sb-As-Cu-Pb-Ni 7种成矿元素组合, 具异常套合好, 分带明显的特点。

敦煌群地层中目前发现的金矿床为小宛南山金矿, 其赋存于太古宙绿岩带敦煌群绿片岩相绿帘绿泥阳起片岩及稍晚侵入其中的斜长角闪石岩、石英闪长岩中。矿体受韧性剪切带及叠加其上的张扭性脆性断裂控制。围岩蚀变以钠长石化、硅化为主。其成因类型为韧性剪切带变质热液型金矿。在该地区应寻找同类型的金矿床。

3.3.4 与基性—超基性杂岩有关的综合异常

该异常主要元素组合为 Cu-Ni-Co, 3种元素套

合好, 具有三级浓度分带。经地表踏勘, 地表出露岩性为基性—超基性杂岩体, 岩相分带复杂, 面积约 0.5 km², 呈北东向和东西向展布, 与狼山—北大泉断裂方向一致。主要岩石类型有纯橄榄岩、橄榄岩、橄榄辉石岩、橄榄辉长岩、辉长岩等。在橄榄辉长岩及橄榄辉石岩中可见原生金属硫化物, 有黄铁矿、黄铜矿、镍黄铁矿等。该异常区是寻找岩浆型铜镍矿的有利地带。

4 结 语

(1)应用水系沉积物地球化学测量在甘肃北山戈壁荒漠地区, 可以快速缩小找矿范围, 圈定找矿靶区, 为地质找矿提供直接可靠的信息。

(2)本次水系沉积物测量在拾金坡—南金滩一带共圈出 11 处综合异常, 并根据综合异常特征结合地质特征对 11 处异常进行了分类: 一是与中酸性侵

入岩有关综合异常,以Au为主成矿元素,是寻找石英脉型和蚀变岩型金矿的有利地区;二是与蓟县系有关的异常,以Pb、Zn、Ag、Au等为主成矿元素,是寻找喷流沉积型铅锌及矽卡岩型多金属矿的有利地段;三是与敦煌群地层有关的异常,以Au为主成矿元素,是寻找变质热液型金矿的有利地段;四是与基性—超基性杂岩体有关的综合异常,以Cu—Ni—Co组合异常为主,是寻找岩浆熔离型铜镍矿的有利地段。这些信息的获得为今后该地区进一步地质找矿工作提供了重要信息。

致谢: 本文在修改过程中得到了编辑部杨艳老师及其他各位老师的热情指导与帮助,在此表示衷心的感谢!

参考文献(References):

- [1] 朱江,吕新彪,彭三国,等. 甘肃花牛山金矿床成矿年代、流体包裹体及稳定同位素研究[J]. 大地构造与成矿学, 2013, 37(4): 641-652.
Zhu Jiang, Lv Xinbiao, Peng Sanguo, et al. Re—Os dating fluid inclusion and H—O—S isotope studies of the Huaniushan gold deposit, NW China: Implications for ore genesis [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2013, 37(4): 641-652 (in Chinese with English abstract).
- [2] 聂凤军,江思宏,白大明,等. 北山地区金属矿床成矿规律及找矿方向[M]. 北京:地质出版社, 2002: 1-408.
Nie Fengjun, Jiang Sihong, Bai Daming, et al. Metallogenic Studies and Ore Prospecting in the Conjunction Area of Inner Mongolia Autonomous Region, Gansu Province and Xinjiang Uygur Autonomous Region, Northwestern China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002: 1-408 (in Chinese with English abstract).
- [3] 潘小菲,刘伟. 北山金窝子金矿床流体包裹体特征及成矿流体演化[J]. 岩石学报, 2006, 22(1): 253-263.
Pan Xiaofei, Liu Wei. Fluid inclusions characteristics and ore-forming evolution of Jinwozi gold deposit [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(1): 253-263 (in Chinese with English abstract).
- [4] 丁嘉鑫,韩春明,肖文交,等. 北山造山带花牛山岛弧东段钨矿床成矿时代和成矿动力学过程[J]. 岩石学报, 2015, 31(1): 594-616.
Ding Jiabin, Han Chunming, Xiao Wenjiao, et al. Geochemistry and U—Pb geochronology of tungsten deposit of Huaniushan island arc in the Beishan Orogenic Belt, and its geodynamic background [J]. Acta Petrologica Sinica, 2015, 31(2): 594-616 (in Chinese with English abstract).
- [5] 李通国,李文胜,刘建宏,等. 矿床地球化学预测方法——以甘肃省地球化学块体为例[J]. 中国地质, 2003, 30(2): 192-198.
Li Tongguo, Li Wensheng, Liu Jianhong, et al. Geochemical prognosis method of mineral deposits: A case study of the geochemical block in Gansu [J]. Geology in China, 2003, 30(2): 192-198 (in Chinese with English abstract).
- [6] 朱明帅, Baatar Munkhsengel, 苗来成,等. 戈壁天山—北山—天山斑岩型铜(金钼)矿床地质特征与成矿时代对比分析及意义[J]. 中国地质, 2014, 41(4): 1059-1079.
Zhu Mingshuai, Baatar Munkhsengel, Miao Laicheng, et al. A comparative analysis of geological characteristics and mineralization epochs of porphyry-type Cu (Au—Mo) deposits in Mongolian Gebi—Tianshan and Chinese Beishan—Tianshan and its significance [J]. Geology in China, 2014, 41(4): 1059-1079 (in Chinese with English abstract).
- [7] 苗来成,朱明帅,张福勤,等. 北山地区中生代岩浆活动与成矿构造背景分析[J]. 中国地质, 2014, 41(4): 1190-1204.
Miao Laicheng, Zhu Mingshuai, Zhang Fuqin, et al. Tectonic setting of Mesozoic magmatism and associated metallogenesis in Beishan area [J]. Geology in China, 2014, 41(4): 1190-1204 (in Chinese with English abstract).
- [8] 顾娇杨,滕家欣,冯治汉. 甘肃地球化学景观特征及区域地球化学方法技术评价[J]. 西北地质, 2003, 36(3): 111-114.
Gu Jiaoyang, Teng Jiabin, Feng Zhihan. Landscape geochemistry features and evaluation for working method and technique of regional geochemical prospecting in Gansu Province [J]. Northwestern Geology, 2003, 36(3): 111-114 (in Chinese with English abstract).
- [9] 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 Gunmin, Dai Yajian, Ma Zhendong, 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 (in Chinese with English abstract).
- [10] 朱有光,蒋敬业,李泽九,等. 试论我国重要景观区中景观表生因素对金铜区域地球化学异常标志的影响[J]. 物探与化探, 2001, 25(6): 418-424.
Zhu Youguang, Jiang Jingye, Li Zejiu, et al. A tentative discussion on the influence of landscape and epigenetic factors upon indicators of copper and gold geochemical anomalies in important

- landscape regions of China [J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2001, 25(6): 418–424 (in Chinese with English abstract).
- [11] 苗来成, 朱明帅, 张福勤. 北山地区中生代岩浆活动与成矿构造背景分析[J]. *中国地质*, 2014, 41(4): 1190–1204.
Miao Laicheng, Zhu Mingshuai, Zhang Fuqin, et al. Tectonic setting of Mesozoic magmatism and associated metallogenesis in Beishan area [J]. *Geology in China*, 2014, 41(4): 1190–1204 (in Chinese with English abstract).
- [12] 刘训, 游国庆. 中国的板块构造区划[J]. *中国地质*, 2015, 42(1): 1–17.
Liu Xun, You Guoqing. Tectonic regional subdivision of China in the light of plate theory [J]. *Geology in China*, 2015, 42(1): 1–17 (in Chinese with English abstract).
- [13] 杨合群, 李英, 李文明, 等. 北山成矿构造背景概论[J]. *西北地质*, 2008, 41(1): 22–28.
Yang Hequn, Li Ying, Li Wenming, et al. General discussion on metallogenic tectonic setting of Beishan mountain northwestern China [J]. *Northwestern Geology*, 2008, 41(1): 22–28 (in Chinese with English abstract).
- [14] 杨建国, 任有祥, 王小红, 等. 甘肃北山花牛山金银多金属矿田成矿规律与找矿预测[M]. 北京: 地质出版社, 2011: 39–46.
Yang Jianguo, Ren Youxiang, Wang Xiaohong, et al. *Metallogenic Studies and Ore Prospecting in Huaniushan Gold and silver Polymetallic Ore Field, Beishan, Gansu, China* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011: 39–46 (in Chinese with English abstract).
- [15] 朱江, 吕新彪, 彭三国, 等. 甘肃拾金坡金矿床成矿过程中流体—岩石反应[J]. *矿物岩石地球化学通报*, 2014, 33(3): 334–341.
Zhu Jiang, Lv Xinbiao, Peng Sanguo, et al. Fluid–rock interaction during mineralization of the Shijinpo gold deposit, Gansu, China [J]. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 2014, 33(3): 334–341 (in Chinese with English abstract).
- [16] 胡朋. 北山南带构造岩浆演化与金的成矿作用[D]. 北京: 中国地质科学院博士学位论文, 2008: 1–155.
Hu Peng. *Tectonomagmatic Evolution and Gold Metallogeny in South Beishan Mountain, Northwest China*[D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences, 2008: 1–155 (in Chinese with English abstract).
- [17] 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 Xiaozhong, Fan Likun, Shen Yongsheng. Geological and geochemical characteristics of Gouli area and its prospecting orientation[J]. *Gold Science and Technology*, 2009, 17(3): 17–19 (in Chinese with English abstract).