

DOI: 10.12401/j.nwg.2022014

# 新疆乌恰县阿克塔木-阿克塔什地区地球化学特征及找矿方向

沈宏飞<sup>1</sup>, 闫鲜<sup>2</sup>

(1. 新疆工程学院, 新疆煤炭资源绿色开采教育部重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830023;

2. 江苏省地质局, 江苏 南京 210000)

**摘要:** 笔者在 1:5 万水系沉积物测量成果的基础上, 对阿克塔木-阿克塔什一带的 Cu、Au、Zn 等 18 种元素地球化学特征进行了初步总结。发现该区 Cu、Au 等元素具有较高的背景, 且分异较大。R 型聚类分析显示 Cu 元素与 Zn、Cd 等亲硫元素相关性强, 而 Au 元素显示了独立的成矿性。本次工作共圈定了 35 个以 Cu、Au 为主的综合异常, 并对异常进行了评序和分类; 共圈定甲类异常 4 个, 乙类异常 22 个, 丙类异常 7 个, 丁类异常 2 个。结合区内成矿地质条件和异常检查工作, 优选了萨洛依、小尚亥-依买克、古鲁滚涅克、阿克沙热、央布拉克及乌鲁阿特等 6 个地球化学成矿远景较好的靶区; 指出该区的找矿方向应以寻找海相块状硫化物型铜(锌)矿和岩浆-热液石英脉型金(银)矿 2 个方向进行。

**关键词:** 西昆仑; 1:5 万水系沉积物测量; 地球化学特征; 找矿靶区

中图分类号: P632+3

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2023)02-0109-10

## Geochemical Characteristics and Prospecting Orientation in the Aketamu-Aketashi Area in Wuqia, Xinjiang, West China

SHEN Hongfei<sup>1</sup>, YAN Xian<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Coal Resources and Green Mining in Xinjiang, Ministry of Education, Xinjiang Institute of Engineering,

Urumqi 830023, Xinjiang, China; 2. Jiangsu Geological Bureau, Nanjing 210000, Jiangsu, China)

**Abstract:** Based on the 1:50 000 scale of stream sediment survey results, this paper preliminarily summarizes the geochemical characteristics of 18 elements such as Cu, Au, Zn. The results indicate that the elements of Cu, Au are abundance in this area, and they have a high coefficient of variation. R-type cluster analysis shows that the element of copper has strong correlation with chalcophile elements such as Zn and Cd, while Au shows independent mineralization. The study defines 35 integrated anomalies that are mainly composed of the elements of Cu and Au. Evaluates, classifies and ranks all the anomalies, and then divided 4 A-types of anomalies, 22-B types of anomalies, 7 C-types of anomalies and 2 D-types of anomalies. Based on the metallogenic geological conditions and anomaly inspection, selects six target areas as the favorable ore-prospects in the survey area, such as Saluoyi, Xiaoshanghai-Yimaike, Gulugunnieke, Akeshare, Yangbulake and Wulate. It suggests

收稿日期: 2021-08-06; 修回日期: 2022-02-18; 责任编辑: 姜寒冰

基金项目: 中国地质调查局项目“全国矿产资源国情调查与综合评价”(DD20190606), 深地资源勘查开采专项“深部靶区圈定与资源潜力评价”(2018YFC0603904)联合资助。

作者简介: 沈宏飞(1984-), 男, 博士, 讲师, 主要从事矿物学、岩石学、矿床学方面的研究工作。E-mail: 276850875@qq.com。

that the prospecting should be carried out in two directions: the VMS Cu (Zn) deposits and the magmatic-hydrothermal quartz-vein type Au (Ag) deposits.

**Keywords:** west Kunlun; 1 : 50 000 stream sediments survey ; geochemical characteristics; potential areas

新疆西昆仑昆盖山北坡阿克塔木-阿克塔什一带位于塔里木板块西南缘的奥依塔格-库尔良晚古生代裂谷带内(成守德等, 2001), 距喀什以西约 90 km, 大部分在乌恰县境内。区内双峰式火山岩发育(俞杰, 2015), 存在以酸性火山岩为主岩的矿床(阿克塔什铜矿)和以基性火山岩为主岩的矿床(萨洛依铜矿), 是中国块状硫化物型(VMS)型矿床勘查的重要地区之一(贾群子, 1998; 孙海田等, 2004; 张佩民等, 2006)。据中国成矿区带划分方案, 本地区成矿区划属于秦祁昆成矿域昆仑成矿省西昆仑北部(裂谷带)铁-铜-铅-锌硫铁矿-水晶-白云母-玉石-石棉成矿带, 北昆仑(裂谷带)铁-铜-金硫铁矿成矿亚带(董连慧等, 2010)。

区内铜、铁、金资源丰富(董永观, 2003; 李宝强, 2006; 计文化, 2009), 近年来, 在测区阿克塔什铜矿、萨洛依等铜矿外围不断的有新矿床(点)发现, 如阿亚格萨依铁矿、乌依塔什硫铜矿、乔尔波砂金矿的发现和开采, 卡吾克、其木干、萨西萨苏、卡拉卡依等含铜硫铁矿点的发现等, 迄今已发现 20 多处北西-南东向展布的一系列矿床和矿化点, 具有形成金、铜、铁等矿床的较大潜力。由于该地区地处偏远山区, 且地形切割较大, 地质基础工作严重不足, 尤其是物化探测量工作还停留在较小比例尺工作的程度上(1 : 20 万以找金为主的水系沉积物测量和 1 : 50 万航磁测量等), 制约了找矿靶区的进一步圈定和找矿工作的进一步开展。因此, 在该地区开展 1 : 5 万尺度的矿产评价工作就显得尤为重要。笔者在该地区 1 : 5 万矿产评价的基础上, 对区内的 1 : 5 万水系沉积物测量数据进行分析, 探讨区内成矿元素地球化学特征和异常特征, 以期指导下一步找矿工作。

## 1 区域地质背景

该区所处大地构造位置为塔里木板块南缘活动带之奥依塔格-库尔良晚古生代裂谷带(成守德等, 2001), 总体上走向为北西-南东。该裂谷带内主要分布有石炭系双峰式火山岩。蓟县系以飞来峰的形式

推覆于石炭系之上, 褶皱、断裂构造十分发育, 其中褶皱轴多呈北西-南东向, 与主构造线方向一致; 断裂构造面与总体构造线斜交, 在区域内呈北东-南西向, 在空间上形成多条近乎平行分布的断层, 对矿体空间分布、形态影响较大(图 1)。

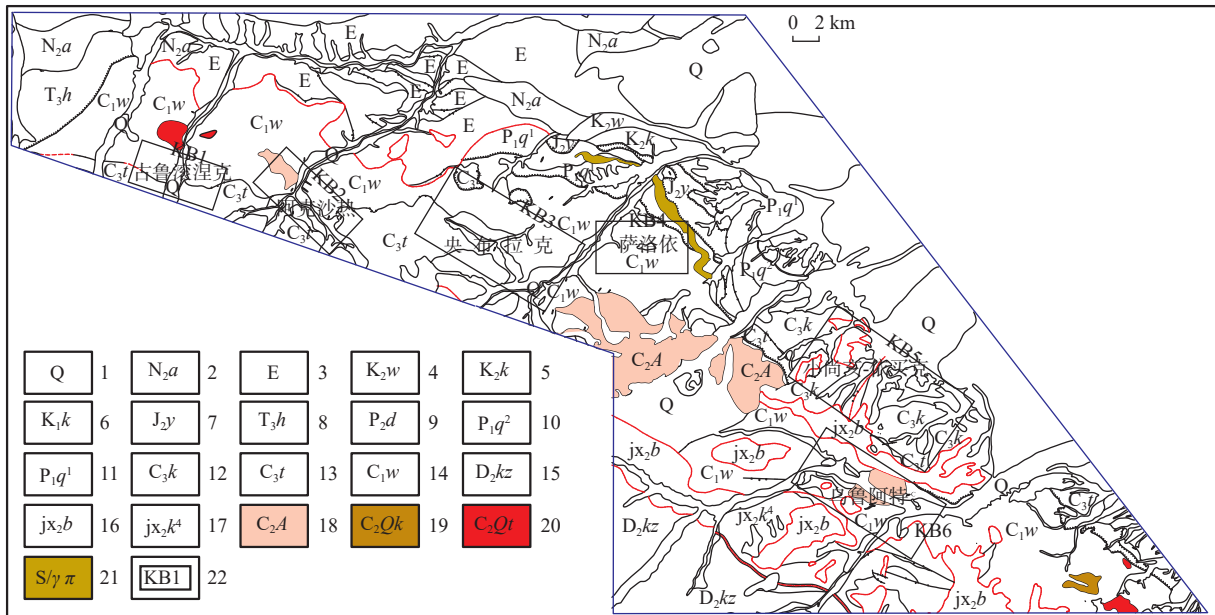
区内出露地层从老到新依次为蓟县系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、古近系-新近系、第四系。其中, 石炭系双峰式火山岩及海相沉积碎屑岩类及下二叠统海陆交互相碎屑岩夹火山岩是本区主要的含矿层。

本区岩浆侵入活动主要集中在华力西期和印支期, 均属钙碱性的小侵入岩体。华力西期侵入岩主要为奥依塔克超单元, 划分为确卡母丹给中粗粒花岗岩闪长岩(C<sub>2</sub>QK), 阿克达里赛细粒英云闪长岩(C<sub>2</sub>A), 切格里克细粒石英闪长岩(C<sub>2</sub>Q)3 个单元, 面积约 146 km<sup>2</sup>, 主要由波斯坦铁列克、阿克沙热、阿克塔木 3 个岩体组成, 均位于区域构造上的“奥依塔克裂谷带”内, 空间上侵入于乌鲁阿特组火山岩中。印支期侵入岩, 仅出露萨洛依岩体, 面积 13 km<sup>2</sup>, 仅有一次侵入活动, 岩性为花岗斑岩。

石炭系双峰式火山岩的裂隙式喷发, 为本地区带来了大量的成矿物质, 1 : 20 万水系沉积物测量显示, 该区 Cu、Au 等元素具有较高的背景(屈迅, 1987)。华力西期的地质构造运动使本地区形成大型逆冲推覆构造, 蓟县系逆冲推覆于石炭系之上, 进一步促使石炭系中 Fe、Cu、Au 等元素活化、富集。在测区西南侧蓟县系与石炭系的逆冲推覆构造所形成的一系列低变质岩中, 笔者圈定了大量的物化探异常, 尤其在绿泥片岩中发现大量的孔雀石化、铜蓝、褐铁矿化等矿化线索。在乌依塔什铜矿踏勘过程中, 发现该矿床也刚好产于下石炭统乌鲁阿特组玄武岩与蓟县系大理岩的接触带附近, 矿体的含矿岩性主要为绿泥石英片岩, 矿区含金银石英脉发育。

## 2 样品采集与测试

水系沉积物测量参照《地球化学普查规范(1 : 5 万)》(DZ/T0011-2010)为工作标准执行。测区



1.第四系; 2.新近系阿图什组; 3.古近系; 4.上白垩统乌依塔克组; 5.上白垩统库克拜组; 6.下白垩统克孜勒苏组; 7.中侏罗统杨叶组; 8.上三叠统霍峡组; 9.上二叠统达里约尔组; 10.下二叠统棋盘组二段; 11.下二叠统棋盘组一段; 12.上石炭统克孜里奇曼组; 13.上石炭统塔哈奇组; 14.下石炭统乌鲁阿特组; 15.上泥盆统克孜勒陶组; 16.蓟县系巴克切依提构造岩群; 17.蓟县系卡拉更岩组四段; 18.华力西期英云闪长岩; 19.华力西期花岗岩闪长岩; 20.华力西期石英闪长岩; 21.印支期花岗斑岩; 22.找矿靶区

图 1 新疆阿克塔木-阿克塔什地区地质简图(据沈宏飞等, 2017 修改)

Fig. 1 Geological map in Xinjiang Aketamu-Aketashi area

位于新疆西昆仑地区, 属于干旱高寒山区景观区, 年均气温小于 8℃, 年平均降雨量约 100 mm。实际测量面积 1 380 km<sup>2</sup>, 采样密度 4.12 个/km<sup>2</sup>。采样介质以水系沉积物中的淤泥和粉砂为主, 以土壤测量为辅; 水系发育或较发育区开展水系沉积物测量, 水系沉积物样品不能采集的地区开展土壤测量, 作为水系沉积物测量的补充。水系沉积物样品代表采样点所处汇水域基岩的物质成分, 土壤样品代表采样点位下伏基岩的残坡积物, 尽量保持工作区采样物质一致(赵娟等, 2018)。采样粒度-10~+80 目。采样点主要布置在一级水系口, 二级水系中和部分三级水系的上游区段, 采样部位一般选择在河床底部或河道岸边与水面接触处, 采集样品原始质量大于 600 g, 过筛后的样品质量不少于 300 g。

根据测区成矿地质背景、1:20 万水系沉积物测量等资料, 首先将测区南部的分析元素确定为 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、W、Sn、Bi、Mo、As、Sb、Hg、Cd、P、S 等 15 种元素; 其次在测区北部进行地质、物化探扫面的过程中, 发现该地区的矿床(点)主要与大面积出露的基性岩有关, 故将测区北部的元素分析调整为 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、W、Sn、Bi、Mo、As、Sb、Co、Cd、Ni、Cr

等 15 种元素。样品由西北有色地质研究院测试分析, 其中 Au 采用泡沫塑料富集-石墨炉原子吸收法或等离子体质谱法测定; Ag 采用有机溶剂萃取-火焰原子吸收法; Cu、Pb、Zn、P、S、Cr 由波长色散 X 射线荧光光谱法测定; W、Mo、Cd、Co、Ni 等由离子体质谱法测定; Sn 采用发射光谱法测定; As、Sb、Bi、Hg 采用氢化物发生原子荧光光谱法。并对本次样品的分析质量进行了检查, 各元素的标准物质单次测定和重复分析合格率均为 100%。

### 3 测试结果分析

#### 3.1 元素丰度特征

对工作区 5 681 件 1:5 万水系沉积物样品的数据进行数理统计和计算(表 1)。

$$\text{富集系数}(K) = \text{均值}(X) / \text{全国均值}Xq \quad (1)$$

$$\text{变异系数}Cv = \text{离差}(S) / \text{均值}(X) \quad (2)$$

P、S、Hg 的样品分析数为 4 019 件, Cr、Ni、Co 的样品分析数为 1 662 件, Au、Ag、As、Sb、Cu、Pb、Zn、Cd、W、Sn、Bi、Mo 等元素的样品分析数为 5 681 件。

表1 新疆阿克塔木-阿克塔什地区水系沉积物地球化学参数统计表

Tab. 1 Geochemical parameters of stream sediments in Xinjiang Aketamu-Aketashi area

元素	最小值 Min	最大值 Max	均值 $\bar{X}$	离差 $S$	全国均值 $X_q(10^{-6})$	变异系数 Cv	富集系数 $Kk_1$	样品数
Cu	1.79	721.6	31.75	22.70	26	0.71	1.22	5 681
Pb	5.01	124.6	13.72	5.62	29	0.41	0.47	5 681
Zn	14.30	1 000	76.14	37.87	77	0.50	0.99	5 681
Ag	0.03	1.33	0.06	0.03	0.094	0.59	0.62	5 681
Mo	0.50	13.8	0.83	0.56	1.13	0.68	0.73	5 681
Ni	4.77	239	26.92	16.63	29	0.62	0.93	1 662
W	0.50	100	0.99	1.65	2.7	1.66	0.37	5 681
Co	3.10	40.9	12.40	5.23	13.1	0.42	0.95	1 662
Cr	15.00	293	55.54	35.62	68	0.64	0.82	1 662
Au	0.30	200	2.25	5.97	2.03	2.66	1.11	5 681
Hg	0.02	2.152	0.05	0.09	69	1.83	0.00	4 019
As	1.00	92.4	8.16	6.52	13.3	0.80	0.61	5 681
Sb	0.26	19.4	0.65	0.59	1.42	0.90	0.46	5 681
Bi	0.10	4.14	0.28	0.10	0.5	0.37	0.56	5 681
Cd	0.10	10	0.24	0.23	0.26	0.94	0.94	5 681
Sn	1.00	7.01	1.98	0.69	4.1	0.35	0.48	5 681
P	68.00	1902	479.33	187.05	655	0.39	0.73	4 019
S	50.00	5 000	516.45	849.43		1.64		4 019

注:  $X_q$ 为全国平均值(据迟清华, 2007); Au、Hg、Ag元素含量为 $10^{-9}$ ; 其他元素为 $10^{-6}$ 。

与全国水系沉积物的平均值相比较,本区富集系数大于1的元素主要为Cu、Au,表明Cu与Au有不同程度的富集;Zn元素的富集系数为0.99,与全国水系沉积物的均值持平;其他元素的富集系数都小于1,在本区相对贫化。

从变异系数(Cv)来看,测区内水系沉积物中分异极强的元素( $Cv > 2$ )有Au,分异强的元素( $Cv = 1 \sim 2$ )有W、Hg,分异较强的元素( $Cv = 0.5 \sim 1$ )有Cu、Zn、Ag、Mo、Ni、Cr、As、Sb、Cd,分异性较弱( $Cv < 0.5$ )的元素有Pb、Co、Bi、Sn、P、S。

从区域地球化学特征统计数据可以看出,Cu、Au元素在本地区相对富集,分异较强,是本区的主要成矿元素。

### 3.2 单元素异常特征

根据地球化学区和地形单元,结合矿产分布特征,全区各元素异常下限值按迭代法计算,采用完全迭代剔除后,统一按公式 $T=X_0+2S_0$ 计算各元素迭代之后的均值、标准差及异常下限(表2)。

本区共圈定单元素异常528个,并对所有单元素进行编号,对各元素异常数进行统计(表3)。

表2 测区元素地球化学异常下限值表

Tab. 2 Threshold of elemental geochemical anomaly values in survey area

元素	Cu	Pb	Zn	Ag	Mo	Ni	W	Co	Cr
异常 下限	50	20	100	0.08	1.2	30	1.5	15	60
元素	Au	Hg	As	Sb	Bi	Cd	Sn	P	S
异常 下限	3	0.06	15	1.2	0.4	0.3	3	800	500

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

表3 各元素异常个数统计表

Tab. 3 Geochemical anomalies of stream sediments in Xinjiang Aketamu-Aketashi area

元素	Ag	As	Au	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Mo
异常 个数	29	31	46	15	48	10	6	42	42
元素	Ni	P	Hg	S	Zn	W	Sn	Sb	Pb
异常 个数	12	10	26	53	32	35	26	13	52

测区中Cu单元素异常,共圈定42处,整体呈北西向-南东向展布,主要分布在下石炭统乌鲁阿特组、

上石炭统塔哈奇组和克孜里奇曼组中。Cu 在下石炭统乌鲁阿特组中背景值最高, 为  $42.5 \times 10^{-6}$ ; 在上石炭统塔哈奇组和克孜里奇曼组中也有较高背景值, 为  $33.7 \times 10^{-6}$ 。

测区中 Au 单元素异常, 共圈定 46 处, 总体呈北西-南东向展布, 与区域构造线一致。上石炭统塔哈奇组及克孜里奇曼组中的背景值最高, 为  $4.2 \times 10^{-9}$ , 高于测区背景  $3 \times 10^{-9}$ 。

### 3.3 元素相关性特征

工区南部测量面积 1 010 km<sup>2</sup>, 样品数 4 019 件, 主要测试 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、W、Sn、Bi、Mo、As、Sb、Hg、Cd、P、S 等 15 种元素。对南部工区元素进行 R 型聚类分析(图 2)。

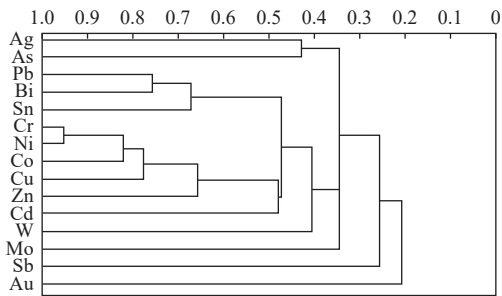


图 2 测区南部水系沉积物样品 R 型聚类分析图  
Fig. 2 R-cluster analysis diagram of stream sediment samples in the south of survey area

从图 2 中可以看出, 测区南部的 15 种元素分为 5 类。S、As、Sb、Mo、Ag、Bi、Cu、Cd、Zn 为第一类, Cu 元素和 Zn、Cd 等亲硫元素相关性较强; P、Pb、Sn 为第二类; Hg、W、Au 各自独立成一类, 与其他元素相关性弱。

工区北部测量面积 370 km<sup>2</sup>, 样品数 1 662 件, 主要测试 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、W、Sn、Bi、Mo、As、Sb、Co、Cd、Ni、Cr 等 15 种元素。对工区北部元素进行 R 型聚类分析, 结果见图 3。

从图 3 中可以看出, 测区北部的 15 种元素分为 4 类。Ag、As 为第一类; Pb、Bi、Sn、Cr、Ni、Co、Cu、Zn、Cd、W、Mo 为第二类; Sb 为第三类; Au 为第四类。

从南区、北区的元素相关性可以看出, Cu、Zn、Cd、S、Pb、Zn 等亲硫元素、亲基性元素(Cr、Ni、Co) 相关性好; 而 Au 为单独一类, 显示独立的成矿性。这与目前测区中矿床、矿化点的铜矿主要以块状硫化物形式产出, 而金矿主要以热液石英脉型金矿产出的情

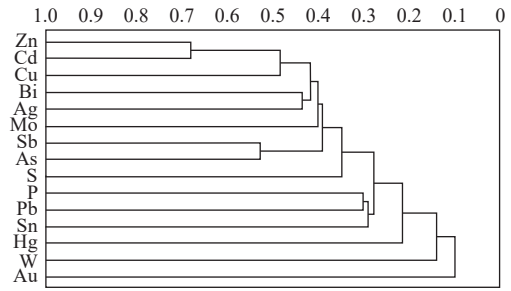


图 3 测区北部水系沉积物样品 R 型聚类分析图  
Fig. 3 R-cluster analysis diagram of stream sediment samples in the north of survey area

况一致。

但测区南部、北部元素聚类分群具有明显差异性, 这可能与其成矿地质背景具有差异性关系密切。测区北部, 岩浆岩出露较少, 地层主要为中生代地层; 测区南部, 大面积出露岩浆岩, 且地层较为古老, 大多是古生代地层。

### 3.4 综合异常

通过对本次工作圈定异常的研究和评价, 全区共圈定以铜、金为主的综合异常 35 处, 并参照《地球化学普查规范(1 : 50 000)DZ/T0011-2010》对异常进行了分类和评序。其中, 甲<sub>2</sub>类异常 4 个, 乙<sub>1</sub>类异常 5 个, 乙<sub>2</sub>类异常 5 个, 乙<sub>3</sub>类异常 12 个, 丙类异常 7 个, 丁类异常 2 个(表 4)。

## 4 成矿远景预测区圈定及异常查证

根据各类化探异常的解释评价、分布特征, 结合异常所处的地球化学背景和地质条件, 以及化探异常查证所发现的地表矿化线索和区域矿产分布特征, 进一步圈定地球化学成矿远景区, 本次共圈定地球化学成矿远景预测区 A 类 2 处、B 类 4 处。

### 4.1 萨洛依 Cu、Zn 成矿远景预测区(A-1)

该预测区位于萨洛依, 面积约 48 km<sup>2</sup>, 行政区划隶属乌恰县管辖。预测区主要出露下石炭统乌鲁阿特组, 岩性主要为块状、枕状玄武岩, 印支期花岗岩斑岩侵入其中。

预测区中主要综合异常 HS17 是以 Cu、Zn 为主的异常, 异常面积 15.02 km<sup>2</sup>, 异常元素组合主要为 Ag、Hg、Cd、Cu、Zn、S、Bi, 元素套和好, 有明显的异常中心。单元素异常中, Zn18 异常规模最大, 异常规模为 4 497.27, 面积为 22.03 km<sup>2</sup>, 最高值为  $888 \times 10^{-6}$ , 衬度为 2.04; 其次为 S12 异常, 面积为 0.55 km<sup>2</sup>, 规模为

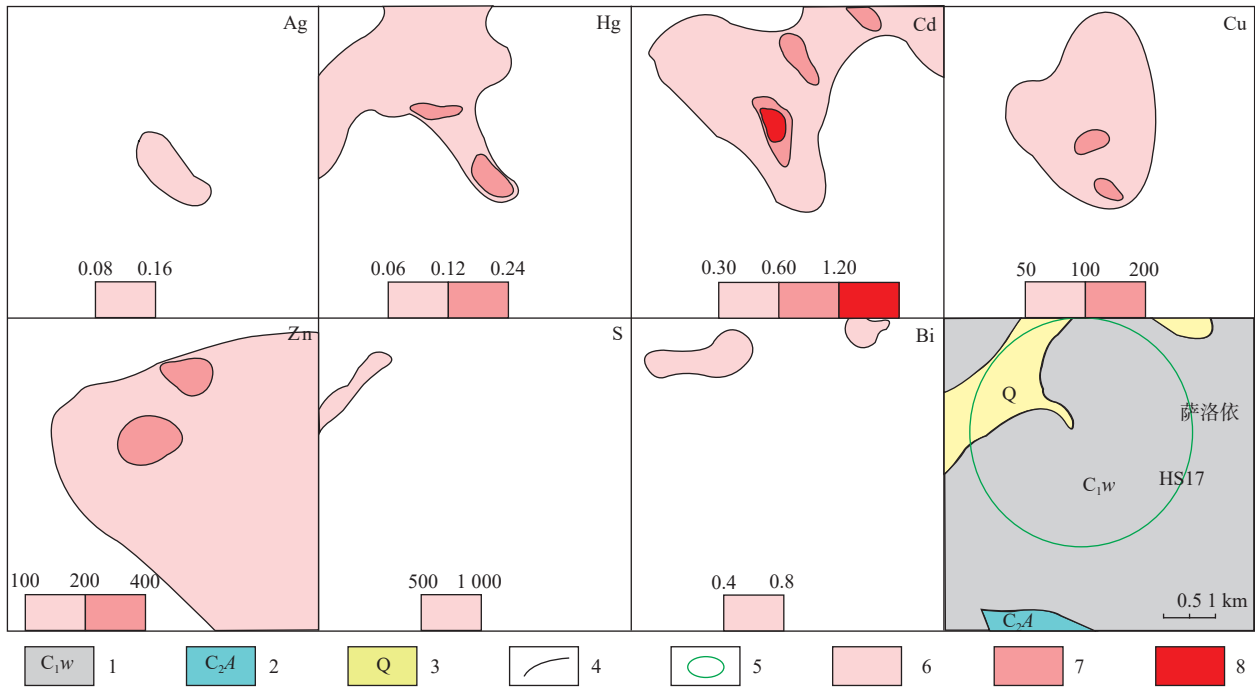
表4 新疆阿克塔木-阿克塔什地区水系沉积物地球化学综合异常表

Tab. 4 Composite Geochemical Anomalies of Stream Sediments in Xinjiang Aketamu-Aketashi Area

异常编号	元素组合表达式	价值分类	找矿方向
HS1	Hg <sup>4.52</sup> -As <sup>3.9</sup> -W <sup>3.42</sup> -Au <sup>2.76</sup> -Pb <sup>2.21</sup> -Sn <sup>1.24</sup>	丙	金
HS2	Pb <sup>10.24</sup> -Cd <sup>3.61</sup> -Ni <sup>2.74</sup> -Zn <sup>2.2</sup>	丁	铅锌
HS3	As <sup>4.58</sup> -Ni <sup>3.31</sup> -Ag <sup>2.48</sup> -Cr <sup>1.99</sup> -Pb <sup>1.17</sup> -Sb <sup>0.84</sup> -Bi <sup>0.82</sup> -Co <sup>0.52</sup>	丙	镍铬
HS4	W <sup>2.35</sup> -Ni <sup>2.15</sup> -Ag <sup>1.52</sup> -As <sup>1.35</sup> -Cr <sup>0.59</sup>	丙	镍铬
HS5	Au <sup>10.34</sup> -Sn <sup>3.77</sup> -Cu <sup>2.34</sup> -As <sup>0.80</sup> -Pb <sup>0.71</sup> -W <sup>0.71</sup> -Hg <sup>0.69</sup> -Zn <sup>0.67</sup>	丁	铜金
HS6	Cr <sup>79.78</sup> -Ni <sup>77.14</sup> -Co <sup>55.85</sup> -Cd <sup>25.47</sup> -Ag <sup>14.08</sup> -Cu <sup>8.83</sup> -Zn <sup>8.69</sup> -As <sup>1.19</sup>	乙 <sub>3</sub>	铜锌
HS7	As <sup>7.46</sup> -Au <sup>6.91</sup> -Ag <sup>3.93</sup> -Sb <sup>2.23</sup> -W <sup>0.80</sup>	乙 <sub>1</sub>	金
HS8	Cr <sup>23.82</sup> -Ni <sup>20.83</sup> -Co <sup>15.12</sup> -W <sup>5.83</sup> -Cu <sup>1.70</sup> -Zn <sup>1.63</sup>	丙	铜锌
HS9	Cr <sup>18.49</sup> -Ni <sup>14.89</sup> -Co <sup>12.23</sup> -Cu <sup>6.44</sup> -Au <sup>4.09</sup> -Ag <sup>3.33</sup> -Cd <sup>3.02</sup> -W <sup>2.27</sup> -Zn <sup>2.12</sup> -Hg <sup>2.09</sup> -Sn <sup>1.32</sup>	乙 <sub>3</sub>	铜金
HS10	Mo <sup>11.12</sup> -Au <sup>8.83</sup> -S <sup>6.65</sup> -As <sup>5.55</sup> -Sn <sup>4.82</sup> -Pb <sup>0.51</sup>	乙 <sub>3</sub>	金
HS11	Hg <sup>8.74</sup> -S <sup>7.54</sup> -Cd <sup>7.13</sup> -Zn <sup>6.41</sup> -Cu <sup>4.34</sup> -Pb <sup>2.83</sup> -Sn <sup>2.59</sup> -P <sup>2.58</sup> -W <sup>2.07</sup> -Au <sup>1.90</sup> -Ag <sup>1.45</sup> -Bi <sup>1.07</sup>	甲 <sub>2</sub>	铜锌
HS12	Mo <sup>5.49</sup> -S <sup>5.29</sup> -Au <sup>4.41</sup> -Hg <sup>3.61</sup> -As <sup>1.62</sup> -Sb <sup>1.43</sup> -Zn <sup>1.25</sup> -Ag <sup>1.16</sup> -Cd <sup>1.01</sup> -Cu <sup>0.47</sup>	乙 <sub>2</sub>	金
HS13	Au <sup>11.17</sup> -Cd <sup>5.05</sup> -Ag <sup>4.29</sup> -Cu <sup>2.78</sup> -Zn <sup>2.30</sup> -As <sup>2.23</sup> -Hg <sup>2.13</sup> -S <sup>1.49</sup> -W <sup>0.58</sup>	乙 <sub>2</sub>	金铜
HS14	Hg <sup>37.11</sup> -Cu <sup>15.99</sup> -As <sup>12.43</sup> -Cd <sup>4.40</sup> -Sb <sup>4.37</sup>	乙 <sub>1</sub>	铜
HS15	S <sup>20.29</sup> -Au <sup>6.77</sup> -Cu <sup>6.74</sup> -Cd <sup>4.41</sup> -Mo <sup>3.06</sup> -W <sup>1.19</sup> -Zn <sup>0.98</sup> -Pb <sup>0.17</sup>	乙 <sub>1</sub>	金铜
HS16	Hg <sup>17.96</sup> -Mo <sup>14.95</sup> -Zn <sup>10.57</sup> -Sb <sup>7.09</sup> -Cd <sup>6.90</sup> -Cu <sup>4.59</sup> -As <sup>3.32</sup> -S <sup>3.31</sup> -P <sup>3.19</sup> -Au <sup>2.58</sup> -Sn <sup>2.17</sup>	乙 <sub>2</sub>	铜金
HS17	Zn <sup>44.97</sup> -Cd <sup>23.58</sup> -Hg <sup>20.96</sup> -Cu <sup>10.87</sup> -Bi <sup>2.21</sup> -S <sup>1.75</sup> -Ag <sup>1.01</sup>	乙 <sub>2</sub>	铜锌
HS18	Zn <sup>31.26</sup> -Hg <sup>15.67</sup> -Cd <sup>12.96</sup> -W <sup>12.22</sup> -Pb <sup>3.74</sup> -As <sup>2.02</sup> -Cu <sup>1.28</sup>	甲 <sub>2</sub>	铜锌
HS19	Sb <sup>9.04</sup> -Hg <sup>8.19</sup> -S <sup>7.32</sup> -As <sup>6.96</sup> -W <sup>6.10</sup> -Cd <sup>5.78</sup> -Pb <sup>1.71</sup> -Zn <sup>1.68</sup> -Mo <sup>1.65</sup>	乙 <sub>1</sub>	铅锌
HS20	Hg <sup>39.58</sup> -Zn <sup>20.44</sup> -Mo <sup>12.28</sup> -W <sup>10.56</sup> -Cd <sup>7.81</sup> -Pb <sup>7.63</sup> -As <sup>5.55</sup> -P <sup>4.43</sup> -Cu <sup>3.77</sup> -Bi <sup>1.22</sup>	丙	锌铜
HS21	S <sup>75.00</sup> -Mo <sup>33.41</sup> -As <sup>15.55</sup> -Sb <sup>11.79</sup> -W <sup>9.55</sup> -Au <sup>8.39</sup> -Pb <sup>7.36</sup> -Ag <sup>6.92</sup> -Hg <sup>2.16</sup>	乙 <sub>3</sub>	金
HS22	As <sup>62.23</sup> -S <sup>3.42</sup> -Au <sup>2.19</sup> -Cd <sup>1.54</sup> -Mo <sup>0.96</sup>	乙 <sub>3</sub>	金
HS23	Au <sup>51.19</sup> -S <sup>11.15</sup> -W <sup>6.41</sup> -Cd <sup>4.68</sup> -Mo <sup>2.38</sup> -Pb <sup>1.93</sup> -As <sup>1.43</sup> -Ag <sup>1.37</sup> -Sb <sup>1.34</sup> -Cu <sup>0.94</sup>	甲 <sub>2</sub>	金铜
HS24	S <sup>70.77</sup> -Au <sup>61.86</sup> -Cd <sup>29.89</sup> -Ag <sup>26.75</sup> -Mo <sup>16.17</sup> -Bi <sup>9.89</sup> -Cu <sup>8.45</sup> -Zn <sup>4.70</sup> -As <sup>3.63</sup> -Pb <sup>2.90</sup> -W <sup>1.52</sup>	甲 <sub>2</sub>	金铜
HS25	S <sup>5.68</sup> -W <sup>1.84</sup> -Pb <sup>1.69</sup> -Cd <sup>1.21</sup> -Mo <sup>1.18</sup> -Sn <sup>1.13</sup>	乙 <sub>3</sub>	金铜
HS26	S <sup>23.96</sup> -Au <sup>10.51</sup> -Ag <sup>2.92</sup> -Cu <sup>2.24</sup> -Cd <sup>1.43</sup> -Mo <sup>1.03</sup> -Zn <sup>0.53</sup>	乙 <sub>1</sub>	金铜
HS27	S <sup>4.64</sup> -Pb <sup>2.65</sup> -Au <sup>2.61</sup> -Bi <sup>1.46</sup> -P <sup>0.19</sup>	丙	金
HS28	S <sup>13.25</sup> -W <sup>5.28</sup> -Mo <sup>3.47</sup> -Sn <sup>2.23</sup> -Pb <sup>1.77</sup> -Ag <sup>1.67</sup>	丙	钨钼
HS29	S <sup>47.30</sup> -Au <sup>17.14</sup> -Cu <sup>5.97</sup> -Zn <sup>5.42</sup> -P <sup>5.36</sup> -Pb <sup>3.81</sup> -Ag <sup>1.99</sup> -Sn <sup>1.77</sup> -Cd <sup>1.48</sup> -W <sup>1.44</sup>	乙 <sub>2</sub>	金铜
HS30	Au <sup>20.05</sup> -S <sup>16.66</sup> -Cu <sup>5.65</sup> -As <sup>2.87</sup> -Ag <sup>2.24</sup> -Mo <sup>2.10</sup>	乙 <sub>3</sub>	金铜
HS31	S <sup>15.56</sup> -Au <sup>7.34</sup> -Ag <sup>1.70</sup> -As <sup>1.16</sup> -Mo <sup>0.69</sup> -Pb <sup>0.35</sup>	乙 <sub>3</sub>	金
HS32	Cd <sup>7.26</sup> -Zn <sup>5.17</sup> -Cu <sup>1.47</sup> -S <sup>1.40</sup> -Ag <sup>1.37</sup> -Mo <sup>0.81</sup>	乙 <sub>3</sub>	铜锌
HS33	Cu <sup>7.74</sup> -Cd <sup>7.48</sup> -Zn <sup>4.73</sup> -Au <sup>3.99</sup> -S <sup>3.33</sup> -Ag <sup>2.53</sup> -Mo <sup>1.33</sup> -W <sup>0.54</sup>	乙 <sub>3</sub>	铜金
HS34	Zn <sup>4.05</sup> -Au <sup>3.63</sup> -S <sup>2.55</sup> -Mo <sup>1.59</sup> -Cu <sup>1.23</sup> -Cd <sup>1.09</sup>	乙 <sub>3</sub>	金铜
HS35	Mo <sup>9.26</sup> -Cd <sup>7.49</sup> -S <sup>5.24</sup> -Zn <sup>5.17</sup> -Sn <sup>3.91</sup> -W <sup>2.73</sup> -Cu <sup>2.33</sup> -Bi <sup>1.72</sup>	乙 <sub>3</sub>	锌铜

872.85,最高值为  $5\ 000\times 10^{-6}$ , 衬度为 3.17; Cu18 异常面积为  $7.52\text{ km}^2$ , 规模为 539.2, 衬度为 1.43(图 4)。

萨洛依铜矿在该预测区的中部。异常查证显示地表存在多条硫化物氧化带, 氧化带中黄铁矿化、褐



1.下石炭统乌鲁阿特组; 2.华力西期英云闪长岩; 3.第四系; 4.地质界线; 5.综合异常; 6.一级异常; 7.二级异常; 8.三级异常;  
 Au、Ag 含量为  $10^{-9}$ ; 其他元素含量为  $10^{-6}$

图 4 HS17 综合异常剖析图

Fig. 4 Analysis of the HS17 anomaly

铁矿化、磁铁矿化、孔雀石化、黄铜矿化等发育。该区是寻找海相块状硫化物型铜矿的有利地段。

4.2 小尚亥-依买克 Cu、Au 成矿远景预测区(A-2)

该预测区位于小尚亥到依买克一带,面积约 91 km<sup>2</sup>,行政区划隶属乌恰县管辖。预测区出露地层主要为上石炭统塔哈奇组和克孜里奇曼组,蓟县系灰白色大理岩逆冲推覆其上。塔哈奇组岩性主要为长石石英砂岩、岩屑砂岩、细砂岩、粉砂岩和灰岩;克孜里奇曼组岩性主要为生物碎屑灰岩、岩屑砂岩、糜棱岩化砂岩、细砂岩、粉砂岩组成,夹有玄武岩、安山岩等。受逆冲推覆构造影响,预测区普遍发生低级变质作用,绿片岩化、绿泥石化、硅化发育。地表可见褐铁矿化石英脉、孔雀石化等现象。

预测区中的 HS24 是以 Au、Cu 为主的异常,异常面积为 38.82 km<sup>2</sup>,组合元素为 Au、Ag、As、Sb、Cd、Cu、Pb、Zn、S、Bi、Mo、W,形成明显的异常中心,且套合性较好。单元素异常中除 S 外, Cu、Zn、Au 规模较大。其中, Cu31 异常规模第二大,规模为 386.5,面积为 1.66 km<sup>2</sup>,衬度为 4.66; Zn22 规模为 246.21,面积为 1.17 km<sup>2</sup>,衬度为 2.1; Zn21 异常规模为 223.79,面积为 1.39 km<sup>2</sup>,衬度为 1.61; Au32 异常规模为 136.79,衬度为 2.05(图 5)。

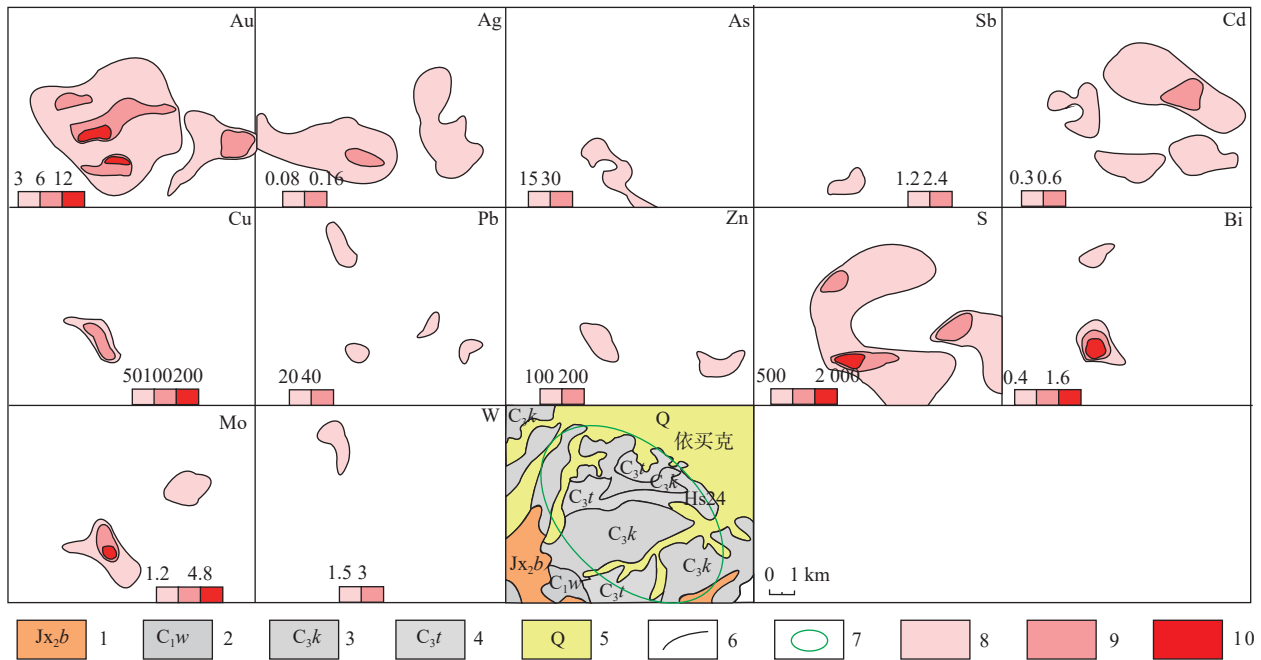
异常查证显示该区既存在多条含金石英脉,又存在含铜硫化物氧化带。阿克塔什铜矿在该预测区西南部。该区是寻找海相块状硫化物型铜矿和石英脉型金矿的有利地段。

4.3 古鲁滚涅克金成矿远景预测区(B-1)

该预测区位于古鲁滚涅克沟,面积约 49 km<sup>2</sup>,行政区划隶属乌恰县管辖。该预测区位于下石炭统乌鲁阿特组与上石炭统塔哈奇组断层接触带附近,阿克达里塞细粒英云闪长岩侵位于乌鲁阿特组中。乌鲁阿特组主要为一套块状、枕状玄武岩,塔哈奇组主要为岩屑砂岩、细砂岩和泥晶灰岩。该区普遍发生低级变质作用,绿泥石化、绿帘石化、硅化发育。

预测区中的主要综合异常 HS7 是以 Au 为主的综合异常,异常元素组合为 Au-Ag-As-Sb-W 等中-低温元素组合,元素套和好,具明显的浓集中心, Au、As 等元素具明显的浓度分带。异常区内 Au5 异常面积最大,面积为 3.49 km<sup>2</sup>,异常规模为 20.74;其次为 Ag8 异常,异常面积为 2.59 km<sup>2</sup>,异常规模为 0.31;第三为 As8 异常,异常面积为 2.21 km<sup>2</sup>,衬度值为 111.89。

异常查证显示该区石英脉发育,围绕石英脉形成的围岩主要有黄铁矿化、褐铁矿化,其他的围岩蚀变有绿泥石化、绢云母化、白云母化、碳酸盐化、硅化、



1.蓟县系巴克切依提构造岩群；2.下石炭统乌鲁阿特组；3.上石炭统克孜里奇曼组；4.上石炭统塔哈奇组；5.第四系；6.地质界线；7.综合异常；8.一级异常；9.二级异常；10.三级异常；  
Au、Ag 含量为  $10^{-9}$ ；其他元素含量为  $10^{-6}$

图 5 HS24 综合异常剖析图

Fig. 5 Analysis of the HS24 anomaly

孔雀石化等。异常区东南侧为一处小型石英脉型金矿(古鲁滚涅克金矿),共见 7 条矿脉,呈雁行排列,矿体呈脉状、凸镜状,产状与地层基本一致,Au(为单样品)含量为  $1.11 \times 10^{-6}$ ,伴生 Au、Ag、Co、Pb、Zn、Sn、Mo 等有益元素。该预测区是寻找石英脉型金矿的有利地段。

#### 4.4 阿克沙热 Cu、Zn 多金属成矿远景预测区(B-2)

该预测区位于阿克沙热,面积约  $51 \text{ km}^2$ ,行政区划隶属乌恰县管辖。该预测区位于下石炭统乌鲁阿特组与上石炭统塔哈奇组断层接触带附近,黑云母斜长花岗岩侵位于乌鲁阿特组中。乌鲁阿特组主要为一套海相玄武岩;塔哈奇组岩性主要是长石石英砂岩、岩屑砂岩、细砂岩和泥晶灰岩、亮晶灰岩等。区内岩石发生低级变质作用,绿片岩化、绿泥石化、硅化发育。后期黑云母花岗岩的侵入为本区带来了热液,使本区 Cu、Zn、Fe 等元素进一步富集,地表赤铁矿、磁铁矿化、孔雀石化发育。

预测区中的主要综合异常 HS11 异常是以 Cu 为主的多元素异常,异常面积近  $12.65 \text{ km}^2$ ;异常元素组合多且复杂,主要为 Au、Ag、Hg、Cd、Cu、Pb、Zn、P、S、Sn、Bi、W 等元素异常。异常区内 S2 异常规模最大,规模为  $3\ 084.3$ ,面积为  $1.49 \text{ km}^2$ ,衬度值为  $4.14$ ,最

高值达  $4\ 674 \times 10^{-6}$ ;其次为 P3 异常,面积为  $1.57 \text{ km}^2$ ,规模为  $1\ 543.6$ ,衬度值为  $1.23$ 。其余单元异常中,Zn10 异常面积为  $2.89$ ,规模为  $387.36$ ,衬度值为  $1.34$ ;Cu11 异常面积为  $2.24$ ,规模为  $129.59$ ,衬度值为  $1.16$ 。

阿亚格萨依铁矿在该预测区东北角,该铁矿刚好产于乌鲁阿特组玄武岩与黑云母花岗岩接触带上。通过异常查证,发现该处地表存在多条含铜硫化物氧化带,各氧化带延伸从几十米到数百米,宽约  $2 \sim 3 \text{ m}$ ,氧化带中孔雀石化、铜蓝、褐铁矿化、磁铁矿化等矿化较发育。该区是寻找海相块状硫化物型铜矿的有利地段。

#### 4.5 央布拉克 Cu 多金属成矿远景预测区(B-3)

该预测区位于央布拉克,面积约  $85 \text{ km}^2$ ,行政区划隶属乌恰县管辖。该预测区位于下石炭统乌鲁阿特组与上石炭统塔哈奇组断层接触带,上石炭统塔哈奇组与克孜里奇曼组的断层接触带之构造交汇部位。乌鲁阿特组岩性主要为块状玄武岩、枕状玄武岩;塔哈奇组岩性主要为长石石英砂岩、岩屑砂岩、细砂岩、粉砂岩和灰岩;克孜里奇曼组岩性主要为生物碎屑灰岩、岩屑砂岩、糜棱岩化砂岩、细砂岩、粉砂岩组成,夹有玄武岩、安山岩等。区内岩石普遍发生低级变质作用,绿片岩化、硅化、绿泥石化发育,地表硫化物氧



化带较多,氧化带中褐铁矿化、孔雀石化、铜蓝等矿化较发育。预测区内矿点众多,主要有其木干、萨西萨苏、卡拉卡依3个含铜硫铁矿点。

预测区中主要综合异常HS15是以Cu为主的综合异常,异常面积为13.19 km<sup>2</sup>,异常在工区范围内不圈闭,向南有所延伸。元素组合主要为Au、Cd、Cu、Pb、Zn、S、Mo、W,元素套合性一般。异常区内元素规模除S外,Cu、Zn、Au元素异常规模最大。其中,Cu23异常面积为2.89 km<sup>2</sup>,规模为336.9,最高值达209×10<sup>-6</sup>,衬度值为2.33;Zn16异常面积为0.85 km<sup>2</sup>,规模为98.43,最高值达123×10<sup>-6</sup>,衬度值为1.16;Au24异常面积为1.97 km<sup>2</sup>,规模为29.78,最高值达61×10<sup>-6</sup>,衬度值为5.04。

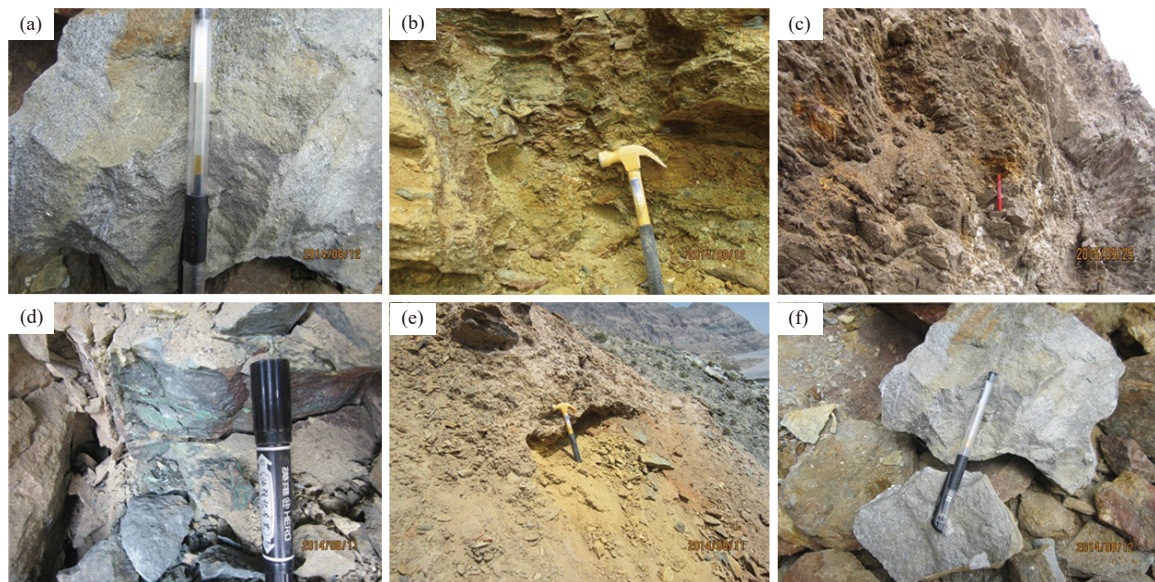
异常查证在预测区发现大量的块状硫化物和多条硫化物氧化带,在地表的硫化物氧化带中褐铁矿化、孔雀石化、铜蓝等矿化发育,其他围岩蚀变有绿泥石化、绿帘石化、绢云母化、白云母化、碳酸盐化、硅化等,部分硫化物氧化带地表捡块样中的Cu元素含量达工业指标。该区是寻找块状硫化物型铜矿的有利地段。

#### 4.6 乌鲁阿特Cu、Au成矿远景预测区(B-4)

该预测区位于乌鲁阿特,面积约51 km<sup>2</sup>,行政区划隶属乌恰县管辖。预测区出露地层主要为下石炭统乌鲁阿特组,岩性主要为块状玄武岩。阿克达里塞细粒英云闪长岩侵入其中。蓊县系灰白色大理岩逆冲推覆于乌鲁阿特组之上。

预测区主要综合异常HS29是以Cu、Au为主的异常,异常面积18.70 km<sup>2</sup>,元素组合为Au、Ag、Cd、Cu、Pb、Zn、S、P、Sn、W。异常的套合性较好。异常规模除S外,Zn、Cu、Au元素异常规模最大。其中,Zn24异常面积为3.74 km<sup>2</sup>,规模为542.43,衬度为1.45;Cu35异常面积为3.23 km<sup>2</sup>,规模为298.51,衬度为1.85;Au36衬度为6.36,规模为44.27,面积为2.32 km<sup>2</sup>。

异常查证显示,乌鲁阿特组玄武岩自身富含Cu、Au等元素,受逆冲推覆构造及后期岩浆侵入活动的影响,Cu、Au元素发生了进一步的富集,小断层提供了容矿空间,地表硫化物氧化带发育,可见自然硫、孔雀石化、褐铁矿化、铜蓝等矿化现象(图6),且局部地段有含金石英脉。该预测区是寻找海相块状硫化物型铜矿和石英脉型金矿的有利地段。



a. 依买克含铜块状硫化物; b. 依买克含铜硫化物氧化带(基岩); c. 依买克褐铁矿化硫化物氧化带;  
d. 阿克塔什孔雀石化玄武岩; e. 阿克塔什不含铜硫化物氧化带(土堆); f. 央布拉克含铜块状硫化物

图6 预测区典型矿化现象照片

Fig. 6 Typical mineralizing photographs of the prospective areas

## 5 结论

(1)通过1:5万水系沉积物测量,全面了解了测

区18种元素的空间分布规律及元素异常特征;圈定单元素异常528处,综合异常35处。各元素异常主要沿裂谷带分布,绝大多数异常位于石炭系中,异常规模大,组合复杂,套合性好,发现了多处有找矿潜力的

综合异常区。

(2) Au、Cu 元素在全区的富集系数和变异系数都较大,是本区主要成矿元素;Cu 元素与 Zn、Cd 等亲硫元素相关性好,而 Au 在该地区显示了独立的成矿性。

(3)进一步优选了古鲁滚涅克、阿克沙热、央布拉克、萨洛依、小尚亥-依买克和乌鲁阿特等 6 个地球化学成矿远景区。通过矿产检查和综合研究工作,指出该区的找矿方向应以寻找海相块状硫化物型铜矿和岩浆-热液石英脉型金(银)矿 2 个方向进行。

## 参考文献(References):

- 成守德,徐新.新疆及邻区大地构造编图研究[J].新疆地质,2001,4(01):33-37.
- CHENG Shoude, XU Xin. On compiling of map of tectonics of Xinjiang and neighboring areas[J]. Xinjiang Geology, 2001, 4(01): 33-37.
- 迟清华,鄯明才.应用地球化学元素丰度数据手册[M].北京:地质出版社,2007.
- 董连慧,冯京,刘德权,等.新疆成矿单元划分方案研究[J].新疆地质,2010,28(01):1-15.
- DONG Lianhui, FENG Jing, LIU Dequan, et al. Research for classification of metallogenic unit of Xinjiang[J]. Xinjiang Geology, 2010, 28(01): 1-15.
- 董永观,郭坤一,肖惠良,等.西昆仑地区成矿远景[J].中国地质,2003,4(02):173-178.
- DONG Yongguan, GUO Kunyi, XIAO Huiliang, et al. Ore prospects of the West Kunlun area in western China[J]. Geology in China, 2003, 4(02): 173-178.
- 贾群子.西昆仑块状硫化物型铜(多金属)矿床成矿条件及找矿预测研究[R].西安:西安地质矿产研究所,1998.
- 计文化,陈守建,李荣社,等.西昆仑昆盖山北坡铜矿化点的地质特征及其找矿意义[J].地质通报,2009,28(09):1361-1367.
- JI Wenhua, CHEN Shoujian, LI Rongshe, et al. Geological feature of copper mineralization and its ore-prospecting significance in Kungai Mountains, west Kunlun, China[J]. Geological Bulletin of China, 2009, 28(09): 1361-1367.
- 李宝强,杨万志,赵树铭,等.西昆仑成矿带成矿特征及勘查远景[J].西北地质,2006,4(02):128-142.
- LI Baoqiang, YANG Wanzhi, ZHAO Shuming, et al. Metallogenic Characteristics and prospecting areas in the Western Kunlun Metallogenic Belt[J]. Northwestern Geology, 2006, 4(02): 128-142.
- 屈迅,杨万志,王俊美,等.新疆乌恰县阿克塞巴什一带 1:20 万水系沉积物测量报告[R].新疆地质矿产局第二地质大队三分队,1987.
- 沈宏飞,张遵忠,刘和花,等.新疆乌恰县阿克塔木-阿克塔什地区矿产地质调查成果报告[R].江苏省有色金属华东地质勘查局,2017.
- 孙海田,李纯杰,李锦平,等.新疆昆仑式火山岩型块状硫化物铜矿床及成矿地质环境[J].矿床地质,2004,4(01):82-92.
- SUN Haitian, LI Chunjie, LI Jinping, et al. Kunlun type volcanic-hosted massive copper sulfide deposits in Xinjiang and their ore-forming tectonic environment[J]. Mineral Deposits, 2004, 4(01): 82-92.
- 负杰,高晓峰,校培喜,等.西昆仑下石炭统乌鲁阿特组火山岩地球化学特征及地质意义[J].中国地质,2015,42(03):587-600.
- YUN Jie, GAO Xiaofeng, XIAO Peixi, et al. Geochemical characteristics of the Lower Carboniferous volcanic rocks of the Wuluate Formation in the Western Kunlun Mountains and their geological significance[J]. Geology in China, 2015, 42(03): 587-600.
- 张佩民,孙海田,李纯杰,等.昆盖山北坡火山岩型块状硫化物铜矿床成矿条件分析及找矿预测[J].地质与勘探,2006,4(06):5-9.
- ZHANG Peimin, SUN Haitian, LI Chun jie, et al. Mineralizing conditions and ore prospecting of volcanic type massive sulfide copper deposits in the north slope of Gaisha, Western Kunlun[J]. Geology and Prospecting, 2006, 4(06): 5-9.
- 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(01):209-217.
- ZHAO Juan, XU Guang, YANG Baorong, et al. Technique and Application Result of 1:25000 Geochemical Survey in EastKunlun, Qinghai Province[J]. Northwestern Geology, 2018, 51(01): 209-217.