

doi: 10.11720/wtyht.2018.0115

孙社良,冯增会,黄孝波,等.新疆汉水泉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,2018,42(6):1116-1124.<http://doi.org/10.11720/wtyht.2018.0115>

Sun S L, Feng Z H, Huang X B, et al. Geochemical characteristics and ore-search prospects of Hanshuiquan area in Xinjiang based on stream sediment survey[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2018, 42(6): 1116-1124. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2018.0115>

## 新疆汉水泉地区水系沉积物测量地球 化学特征及找矿方向

孙社良<sup>1</sup>,冯增会<sup>2</sup>,黄孝波<sup>1</sup>,曾凡森<sup>2</sup>,张献河<sup>1</sup>,牛建忠<sup>2</sup>,朱昌杰<sup>2</sup>,陈士海<sup>2</sup>  
(1.广东省地质调查院,广东 广州 510080; 2.江西省地质调查研究院,江西 南昌 330030)

**摘要:**对汉水泉地区水系沉积物地球化学特征进行分析,结合工作区成矿地质条件共圈出 8 个综合异常。对 Y1 综合异常进行查证,发现 3 条铜矿化蚀变带,其内发育数条铜矿化体,表明水系沉积物地球化学测量在该区具有较好的找矿效果。在综合异常分析和查证的基础上,结合区域成矿地质条件、区内矿产地质特征,圈定出 3 处找矿远景区,即 868 高地铜金找矿远景区、咸水泉西部铜金找矿远景区和咸水泉石膏找矿远景区,为该区下一步找矿工作指明了方向。

**关键词:**水系沉积物;综合异常;铜矿化;找矿远景区;汉水泉地区

**中图分类号:** P632      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-8918(2018)06-1116-09

### 0 引言

区域构造和区域地球化学是控制成矿的基本要素,矿化往往形成于周围地质背景具有明显变化的地段,这种变化表现在物质成分、地球物理、地球化学等方面<sup>[1-3]</sup>。区域地质资料显示<sup>[4-8]</sup>,汉水泉地区具有较好的铜、金找矿前景,但该区矿产地质调查和研究程度偏低,影响地质找矿。水系沉积物地球化学测量是区域化探的主要方法,在地质找矿方面具有较高的效率,尤其在寻找铜、金等多金属矿产方面表现突出,为我国地质找矿及调查研究提供了大量的基础资料<sup>[9-18]</sup>。

2015 年在汉水泉地区开展了 1:5 万矿产远景调查,获得了各种地质、地球化学数据,圈出 8 个综合异常。笔者在水系沉积物地球化学特征分析、异常圈定、综合异常研究的基础上,结合区域成矿地质条件、区内矿产地质特征,圈定出具有一定找矿潜力的远景区 3 处,并对远景区进行评价。

### 1 区域地质概况

工作区大地构造位置属哈萨克斯坦准噶尔板块准噶尔造山带东部,介于西伯利亚板块与塔里木板块之间的洋壳板块。北以额尔齐斯大断裂为界,南以艾比湖博罗科努北坡康古尔断裂为界<sup>[4]</sup>。

工作区属于北塔山地层小区,主要出露上泥盆统江孜尔库都克组( $D_3j$ )、上石炭统巴塔玛依内山组( $C_2b$ )、中二叠统卡拉岗组( $P_2k$ )、中侏罗统西山窑组( $J_2x$ )、中侏罗统头屯河组( $J_2t$ )及第四系(Q)地层,总体呈 NWW 向展布(图 1)。其中,江孜尔库都克组分布于工作区西南角,呈 NWW 向展布,倾向 NNE,下段岩性为海相碎屑岩,上段岩性为火山岩夹凝灰质砂岩。巴塔玛依内山组分布于工作区南部,整体上呈一出露不完整的 NW 向向斜,下段岩性为陆源碎屑岩,上段岩性为一套火山碎屑岩、火山熔岩与陆源碎屑岩互层。卡拉岗组在工作区中部呈 NWW 向展布,倾向 NE 或 SW,下段岩性为一套火山

收稿日期:2018-03-14;修回日期:2018-06-01

基金项目:新疆维吾尔自治区地质勘查基金项目“新疆巴里坤县汗水泉南一带 1:5 万四幅区域地质矿产调查”(T15-1-LQ14)

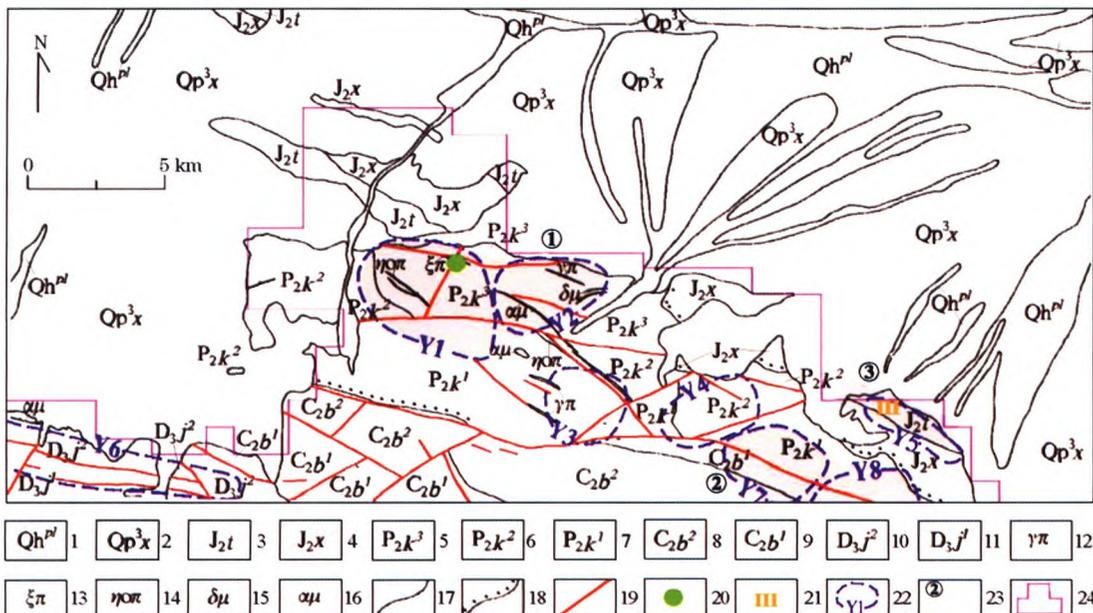
作者简介:孙社良(1987-),男,工程师,2012 年毕业于中国地质大学(北京),获硕士学位,主要从事地质矿产勘查和综合研究工作。Email: sunsl1987@163.com

碎屑岩与火山岩不均匀互层,中段岩性为火山碎屑岩、火山熔岩,上段岩性为火山碎屑岩夹陆源碎屑岩。西山窑组分布于工作区中部,整体上呈一出露不完整的NW向褶皱,岩性组合为岩屑砂岩、钙质粗砂岩夹含铁砂岩、铁质粉砂岩。头屯河组与西山窑组分布类似,岩性组合为砾岩、岩屑砂岩、细砂岩、粉砂岩、泥岩夹含铁砂岩、煤层。第四系在区内大面积出露,包括上更新统新疆群、全新统,新疆群为松散一半固结的砂、砾石,全新统主要为第四系冲洪积物,沿干冲沟、干河床发育,呈条带状分布。

受区域构造活动影响,区内断裂构造和褶皱构造发育(图1),其中,断裂构造主要包括NW向断裂、NE向断裂及NW向断裂。NW向断裂在区内最为发育,走向280°~300°,延伸长约几千米,宽约几十米至几百米;断裂具有多期次活动,断裂性质多为逆断层;断层破碎带内片理较为发育,且硅化、钾化、绿泥石化、绿帘石化等蚀变发育强烈。NE向断裂在区内较为发育,规模较小,一般宽几米到几十米,延伸长约几千米;该断裂为区内最晚断裂,切割早期NW向断裂;总体表现为硅化破碎,伴有片理

化、绿帘石化、绿泥石化现象,局部褐铁矿化发育,且断裂内见有石英脉。NW向断裂发育一般,走向300°~330°,延伸长约数千米,宽约几十米至几百米;断裂性质为逆断层,破碎带内片理发育,有时可见透镜体定向排列;该断裂为压性断裂,具有多期次活动的特点,破碎带中常见有构造角砾岩、断层泥等,且硅化、绿帘石化、褐铁矿化等蚀变发育。褶皱构造方面,工作区南部发育一向斜,呈NWW向展布,核部为巴塔玛依内山组二段,翼部为巴塔玛依内山组一段,受构造作用影响背斜出露不完整,且后期断层将其切割成很多断块;工作区中部发育一背斜,呈NW向展布,核部为西山窑组,翼部为头屯河组,由于第四系覆盖背斜出露不完整。

区内岩浆岩较为发育,以中性到酸性岩为主(图1),主要有花岗斑岩脉( $\gamma\pi$ )、正长斑岩脉( $\xi\pi$ )、石英二长斑岩脉( $\eta\sigma\pi$ )、闪长玢岩脉( $\delta\mu$ )、辉绿玢岩脉( $\alpha\mu$ )。岩脉主要呈NW向延伸,规模不大,多呈岩脉状产出,宽度多为几米,延伸几十至几百米,岩脉内钾化、绿泥石化、黄铁矿化等蚀变发育。



1—全新统;2—新疆群;3—头屯河组;4—西山窑组;5—卡拉岗组三段;6—卡拉岗组二段;7—卡拉岗组一段;8—巴塔玛依内山组二段;9—巴塔玛依内山组一段;10—江孜尔库都克组二段;11—江孜尔库都克组一段;12—花岗斑岩脉;13—正长斑岩脉;14—石英二长斑岩脉;15—闪长玢岩脉;16—辉绿玢岩脉;17—整合地质界线;18—角度不整合界线;19—断层;20—铜矿化点;21—石膏矿点;22—综合异常;23—找矿远景区;24—水系采样范围;①—868高地铜金找矿远景区;②—咸水泉西部铜金找矿远景区;③—咸水泉石膏找矿远景区

图1 汉水泉地区地质简图

## 2 水系沉积物测量

汉水泉地区水系沉积物测量面积 260 km<sup>2</sup>, 采样

点主要布置在一级水系和二级水系口,本次共采集水系沉积物样品 1 502 件,采样点密度 5.78 件/km<sup>2</sup>,采样物质以粉砂为主,采样粒度为-10~+80 目。样品分析由新疆地矿局第三地质大队实验室承担,共分析

16种元素,即As、Sb、Cr、Co、Ni、Cu、Zn、Mo、W、Pb、Bi、U、Sn、Hg、Ag、Au,分析方法及检出限见表1。

表1 分析方法及检出限

元素	检出限要求/ $10^{-6}$	方法检出限/ $10^{-6}$	检测方法
As	1	0.5	AFS
Sb	0.2	0.1	AFS
Cr	15	5	ICP-MS
Co	1	1	ICP-MS
Ni	3	1	ICP-MS
Cu	1.5	1	ICP-MS
Zn	15	5	ICP-MS
Mo	0.5	0.2	ICP-MS
W	0.5	0.2	ICP-MS
Pb	5	2	ICP-MS
Bi	0.1	0.1	ICP-MS
U	1	0.2	ICP-MS
Sn	1	0.2	ES
Hg	0.0005	0.002	AFS
Ag	0.02	0.02	ES
Au	0.0003	0.0003	ICP-MS

### 3 水系沉积物地球化学特征

#### 3.1 背景值及异常下限

本次采用中国地质调查局 MeMapGIS 6 软件对各元素平均值、标准离差等地球化学参数进行统计,背景值采用元素平均值代替,变异系数=标准离差/平均值,富集系数=平均值/新疆北部背景值,各水系沉积物地球化学参数见表2。

确定背景值及异常下限的常见方法有计算法、图解法以及长剖面法等,前两者均属于数理统计方法<sup>[19]</sup>。区内水系沉积物地球化学原始数据既不符合正态分布,也不满足对数正态分布,因而确定异常

下限前需对原始数据进行必要处理。笔者采用常用的迭代剔除法,先将原始数据转换成对数值,再用  $X \pm 2S$  进行特高值和特低值剔除,直到满足正态分布后再进行统计。根据  $T = X + kS$  计算异常下限,试圈后拟定比较符合区内地质矿产实际的异常下限值。

#### 3.2 元素富集特征

元素地球化学特征主要反映元素在区内的富集与变化规律,从而指导找矿。由表2可知,与新疆北部背景值比较,Hg、As、Mo、U、Cu、Sb、Zn等富集系数大于1,为富集元素,其中,Hg、As富集系数大于2,表现为强富集状态;Au、Pb、Ag、Co、W等富集系数在0.5~1区间内,分布相对均匀;其他元素富集系数小于0.5,呈贫化状态。标准离差大于3的元素有Zn、Cr、Cu、Hg、Pb、Ni、As、Co,为强分异元素;Co标准离差为1.82,属弱分异型元素;其他元素标准离差小于0.5,在区内分布相对均匀。区内Au、Ag、Bi、Sn、As、Cr等变异系数较大,分异较强。

因而,Cu、Au等在区内地质、地球化学作用强烈,元素迁移、富集特征明显,是区内最重要的成矿(指示)元素。此外,通过对各地层中元素富集特征统计发现,Cu、Au等在中二叠统卡拉岗组较为富集。

#### 3.3 元素相关性分析

运用中国地质调查局 MeMapGIS 6 软件对区内水系沉积物样品原始数据进行相关性分析(表3),其中Cu、Co相关系数为0.788,其次为Cr和Ni、As和Sb、As和Mo三组元素相关性较好,相关系数为0.575~0.643。主成矿元素Cu与Co、Zn、Ni、Cr、Ag、W呈正相关,其中Cu与Co、Zn、Ni相关性较高,Cu与Co的相关系数最大;Au与As、Ni、Sb、Bi、Ag、Hg、

表2 汉水泉地区水系沉积物地球化学参数

元素	最小值	最大值	平均值	标准离差	变异系数	新疆北部背景值	富集系数	异常下限
As	2.41	58.41	11.64	3.58	0.31	4.76	2.45	15.00
Sb	0.21	2.15	0.48	0.14	0.28	0.42	1.14	0.60
Cr	6.5	92.71	30.3	9.5	0.31	62.39	0.49	40.00
Co	1.64	20.85	10.35	1.82	0.18	12.56	0.82	12.00
Ni	2.33	37.12	12.51	3.73	0.3	30.47	0.41	17.00
Cu	10.05	91.42	34.61	8.65	0.25	25.31	1.37	40.00
Zn	32.94	132.36	76.11	9.75	0.13	70.63	1.08	85.00
Mo	0.71	4.79	1.36	0.41	0.3	0.76	1.79	1.70
W	0.54	2.66	0.99	0.23	0.23	1.62	0.61	1.20
Pb	8.29	112.77	14.27	3.95	0.28	17.06	0.84	16.50
Bi	0.06	1.38	0.14	0.05	0.37	0.3	0.47	0.17
U	1.57	3.99	2.71	0.37	0.14	1.54	1.76	3.10
Sn	0.18	3.41	1.06	0.39	0.37	2.63	0.40	1.50
Hg	10.03	37.82	27.64	4.63	0.17	11.3	2.45	31.00
Ag	0.01	0.24	0.05	0.02	0.42	0.06	0.83	0.07
Au	0.33	9.57	0.79	0.44	0.55	0.87	0.91	1.00

注: Hg、Au 含量单位为  $10^{-9}$ ,其他为  $10^{-6}$ ,新疆北部背景值据参考文献[20]。

表 3 汉水泉地区水系沉积物元素相关系数

元素	As	Sb	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Mo	W	Pb	Bi	U	Sn	Hg	Ag	Au
As	1.000															
Sb	0.581	1.000														
Cr	0.058	0.169	1.000													
Co	-0.208	-0.172	0.322	1.000												
Ni	0.275	0.185	0.643	0.365	1.000											
Cu	-0.232	-0.224	0.115	0.788	0.184	1.000										
Zn	-0.092	0.008	0.138	0.408	0.108	0.320	1.000									
Mo	0.575	0.479	0.202	-0.193	0.297	-0.256	-0.084	1.000								
W	0.107	0.082	0.024	0.095	0.000	0.029	0.188	0.089	1.000							
Pb	0.057	0.275	-0.140	-0.071	-0.120	-0.011	0.104	-0.052	0.190	1.000						
Bi	0.155	0.171	0.209	0.094	0.253	-0.001	0.130	0.126	0.274	0.063	1.000					
U	0.045	0.135	-0.330	-0.133	-0.430	-0.188	0.139	0.071	0.243	0.338	-0.009	1.000				
Sn	0.075	0.147	0.210	0.098	0.073	-0.024	0.203	-0.007	0.087	0.050	0.100	0.112	1.000			
Hg	-0.026	-0.001	-0.071	-0.050	-0.047	-0.045	-0.033	0.028	-0.017	-0.011	-0.009	0.011	-0.044	1.000		
Ag	0.051	0.031	0.187	0.129	0.197	0.084	0.090	0.056	0.035	-0.056	0.094	-0.125	0.217	-0.017	1.000	
Au	0.173	0.095	0.035	-0.072	0.143	-0.048	-0.129	0.176	-0.014	-0.064	0.047	-0.042	-0.006	0.038	0.043	1.000

Cr 呈正相关,其中 Au 与 Mo、As、Ni 相关性较高,Au 与 Mo 的相关系数最大<sup>[21]</sup>。

### 3.4 元素聚类分析

为了进一步研究水系沉积物中不同元素之间的地球化学特征,应用中国地质调查局 MeMapGIS 6 软件对水系沉积物样品原始数据进行 R 型聚类分析(图 2)。聚类过程中,Cu、Co、Cr、Ni、As、Sb 最先聚类,其次是 Mo、Zn、Pb、U、W、Bi,最后是 Sn、Ag、Au、Hg。依据元素聚类次序将 16 个元素分为 3 组,第一组由 Cu、Co、Cr、Ni、As、Sb 组成,第二组由 Mo、Zn、Pb、U、W、Bi 组成,第三组由 Sn、Ag、Au、Hg 组成。截取相似性系数 0.25 和 0.58 进行分析,Cu、Co、Cr、Ni、As、Sb 相似性系数大于 0.58,Mo、Zn、Pb、U、W、B 相似性系数为 0.25~0.58,Sn、Ag、Au、Hg 相似性系数小于 0.25,这与按照聚类顺序分成的 3 个元素组合基本一致。根据聚类顺序对 3 个组合进一步详细分组,第一组分为 3 个小组,即 Cu、Co、Cr、Ni 和 As、Sb;第二组分为 2 个小组,即 Mo、W、Bi 和 Zn、Pb、U;第三组分为 2 个小组,即 Sn 和 Ag、Au、Hg。

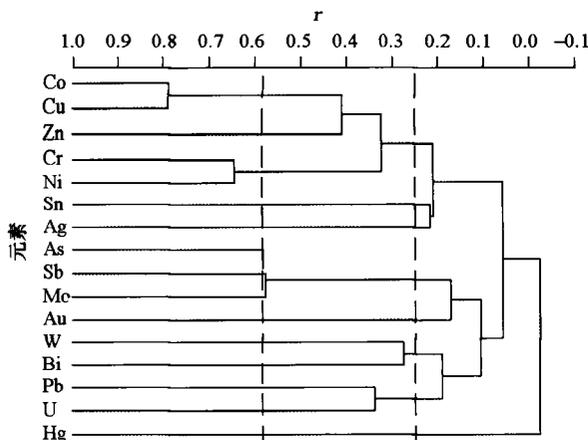


图 2 汉水泉地区水系沉积物元素 R 型聚类分析谱系

元素组合是元素亲合性在地质体内的表现,不同的元素组合是不同地球化学信息的综合反映,且与不同的地质环境和成矿作用有关<sup>[22]</sup>。因此,参考元素相关性、R 型聚类特征,结合元素地球化学分类、矿产组合及区内地质特征,将区内 16 种元素分为 4 大类。第 1 类 Cu-Co-Cr-Ni 是铜元素与亲铁元素组合,与断裂构造、火山活动及基性岩浆活动关系密切,指示区内铜多金属矿以及基性岩浆活动;第 2 类 Zn-Pb-U 为中低温元素组合,与火山活动有关;第 3 类 W-Sn-Mo-Bi 为高温元素组合,与断裂构造、火山活动有关;第 4 类 As-Sb-Au-Ag-Hg 为典型的低温元素组合,与断裂活动和次生富集有关。

## 4 化探异常圈定及评序

### 4.1 化探异常圈定

采用 Kring 泛克里格法对区内水系沉积物测量数据进行网格化处理,应用 GeoIPAS3.2 软件绘制区内 Cu、Au 等 16 种元素的单元素地球化学异常图,共圈定 16 种元素浓度高低不一、规模大小不等的单元素异常 151 个,各单元素异常特征见表 4。其中,Cu 单元素异常 8 个,异常面积 38.98 km<sup>2</sup>, $\Sigma$ NAP 值 49.51,异常最大面积 19.38 km<sup>2</sup>;Au 单元素异常 20 个,异常面积 29.85 km<sup>2</sup>, $\Sigma$ NAP 值 50.73,异常最大面积 6.41 km<sup>2</sup>,个别异常显示出三级浓度分带。各元素异常的地球化学分布规律受地层、构造、热液、脉岩等某几个因素联合控制,因而在研究水系沉积物地球化学特征、圈定综合异常时,需综合考虑相关因素。综合考虑区内各元素富集特征,主成矿元素 Cu、Au 与伴生元素的相关性,元素 R 型聚类特征,

单元素异常特征等因素后,结合区内成矿地质条件对综合异常进行分析,借助 MapGIS 软件进行综合

异常圈定<sup>[9-11]</sup>,本次共圈出 8 个综合异常,各综合异常特征见图 1。

表 4 汉水泉地区水系沉积物单元素异常特征

元素	异常个数	异常面积/km <sup>2</sup>	异常百分比/%	最高浓集分带	ΣNAP
As	11	18.08	6.96	2	24.86
Sb	8	20.87	8.03	2	29.12
Cr	8	12.57	4.84	1	16.76
Co	5	22.49	8.65	1	25.84
Ni	5	16.21	6.23	1	20.13
Cu	8	38.98	14.99	1	49.51
Zn	13	16.52	6.35	1	18.48
Mo	10	33.49	12.88	1	45.72
W	17	11.22	4.31	1	16.73
Pb	7	20.5	7.89	2	28.3
Bi	12	21.56	8.29	2	35.23
U	9	19.03	7.32	1	20.77
Sn	12	13.4	5.15	1	17.24
Hg	17	16.49	6.34	1	17.78
Ag	21	23.2	8.92	1	34.21
Au	20	29.85	11.48	3	50.73

4.2 综合异常评序

根据区域地质条件、区内矿产地质特征,工作区主要是寻找构造蚀变岩型铜金矿,断裂构造为含矿热液运移提供了良好的运移通道和有利的储存空间,区内二叠统卡拉岗组为较好的成矿(铜矿)围岩,因而区内成矿地质条件主要考虑异常区内断层构造发育特征、异常区内地层及矿化特征。另外,Y5 异常区内发现的石膏矿属于沉积型石膏,因而 Y5 异常区成矿地

质条件主要考虑侏罗系头屯河组的发育情况、对应含矿层位的稳定性及矿化特征。对各异常区相关因素综合分析后,得出各异常区成矿地质条件类别(表 5)。根据综合异常面积、主成矿元素异常面积、主成矿元素浓度分带特征、伴生元素发育情况,成矿地质条件以及 ΣNAP 值,并结合地质成矿理论对各综合异常进行评序、筛选(表 6)。区内 Y1、Y2、Y6、Y7 号异常得分较高,其中 Y1 异常最具找矿前景。

表 5 汉水泉地区各异常区成矿地质条件

异常编号	断层构造发育特征	异常区内地层	矿化特征	成矿地质条件类别
Y1	NWW 向、NE 向	卡拉岗组	孔雀石化密集发育	较好
Y2	NW 向	卡拉岗组	孔雀石化一般发育	一般
Y3	NW 向、NE 向	卡拉岗组	孔雀石化一般发育	一般
Y4	NW 向、NE 向	卡拉岗组	无	较差
Y5	无	头屯河组	石膏矿化密集发育	较好
Y6	NWW 向、NE 向、NW 向	江孜尔库都克组	无	较差
Y7	NW 向	卡拉岗组、巴塔玛依内山组	孔雀石化零星发育	一般
Y8	NW 向	卡拉岗组、巴塔玛依内山组	孔雀石化一般发育	一般

表 6 综合异常评序

异常编号	找矿意义分类	主成矿元素	综合异常		主成矿元素异常		浓度分带		伴生元素		成矿地质条件		ΣNAP 值		评序结果	
			面积/km <sup>2</sup>	得分	面积/km <sup>2</sup>	得分	分带	得分	个数	得分	优劣	得分	ΣNAP	得分	总分	名次
Y1	甲 <sub>2</sub>	Cu、Au	17.1	8	23.59	7	2	5	2	2	较好	10	51.05	6	38	1
Y2	乙 <sub>2</sub>	Cu	8.8	6	25.43	8	1	1	6	6	一般	5	59.7	7	33	2
Y3	乙 <sub>3</sub>	Cu	6.84	4	2.76	2	1	1	7	7	一般	5	21.8	3	22	5
Y4	乙 <sub>3</sub>	Pb	6.84	4	9.11	4	1	1	4	4	较差	1	34.36	5	19	8
Y5	乙 <sub>2</sub>	Mo	3.41	2	4.03	3	1	1	4	4	较好	10	12.19	1	21	6
Y6	丙 <sub>3</sub>	Mo	12.01	7	13.74	6	1	1	10	10	较差	1	109.1	8	33	3
Y7	乙 <sub>3</sub>	Cu	7.84	5	10.24	5	1	1	10	10	一般	5	24.12	4	30	4
Y8	乙 <sub>2</sub>	Cu	4.2	3	10.24	5	1	1	4	4	一般	5	15.91	2	20	7

### 5 Y1 综合异常特征及查证

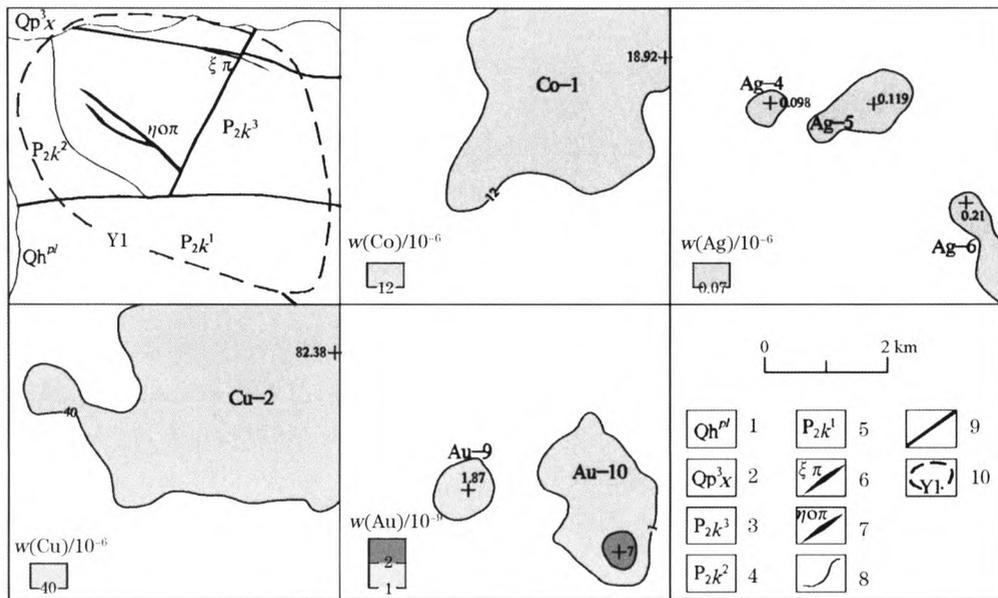
#### 5.1 Y1 综合异常特征

Y1 综合异常区位于工作区中部,异常区出露中二叠统卡拉岗组,主要岩性为凝灰质砾岩、凝灰质砂岩、晶屑凝灰岩、角砾凝灰岩等。区内 NWW 向、NNE 向断层构造发育,构造破碎带内硅化、褐铁矿化、绿帘石化发育。侵入岩主要为花岗斑岩、石英二长斑岩,呈 NWW 向、NW 向岩脉状产出(图 3)。

异常为甲类异常,呈不规则椭圆状,面积约 17.1 km<sup>2</sup>。异常空间展布与 NWW 向断层构造方向

基本一致,总体呈 NWW 向延伸(图 1)。主要成矿元素为 Cu、Au,伴生有 Co、Ag 异常。Au 显示出二级浓度分带,其余元素多呈一级浓度分带(图 3)。

Cu 异常最为发育,异常面积 9.87 km<sup>2</sup>,呈不规则状,最大值 91.42×10<sup>-6</sup>,异常平均值为 52.48×10<sup>-6</sup>,标准离差 10.71,衬度为 1.31,NAP 值 25.43。Au 发育 Au-9、Au-10 两个异常,异常总面积 4.21 km<sup>2</sup>,呈圆状、椭圆状,最大值 1.87×10<sup>-9</sup>、7.0×10<sup>-9</sup>,异常平均值为 1.77×10<sup>-9</sup>、1.97×10<sup>-9</sup>,标准离差 0.14、1.79,衬度 1.77、1.97,NAP 值 1.31、6.83,且 Au-10 呈现二级浓度分带,其余元素特征见表 7。



1—全新统;2—新疆群;3—卡拉岗组三段;4—卡拉岗组二段;5—卡拉岗组一段;6—正长斑岩脉;7—石英二长斑岩脉;8—地质界线;9—断层;10—Y1 综合异常

图 3 Y1 综合异常剖析

表 7 Y1 综合异常特征

元素	面积 /km <sup>2</sup>	形状	异常下限	平均值	标准离差	极大值	衬度	规模	NAP 值	浓度分带	异常序次	Σ NAP 值
Cu-2	9.87	不规则	40	52.48	10.71	91.42	1.31	241.97	25.43	1	1	51.05
Ag-4	0.27	圆状	0.07	0.1	0	0.098	1.4	0.01	0.38	1	19	
Ag-5	1.16	椭圆	0.07	0.09	0.01	0.119	1.35	0.03	1.57	1	10	
Ag-6	0.94	不规则	0.07	0.1	0.05	0.21	1.41	0.03	1.33	1	7	
Au-9	0.74	圆状	1	1.77	0.14	1.87	1.77	0.57	1.31	1	11	
Au-10	3.47	椭圆	1	1.97	1.79	7	1.97	3.36	6.83	2	1	
Co-1	12.03	不规则	12	14.16	1.84	20.85	1.18	26.01	14.2	1	1	

注: Au 含量单位为 10<sup>-9</sup>,其他元素含量单位为 10<sup>-6</sup>

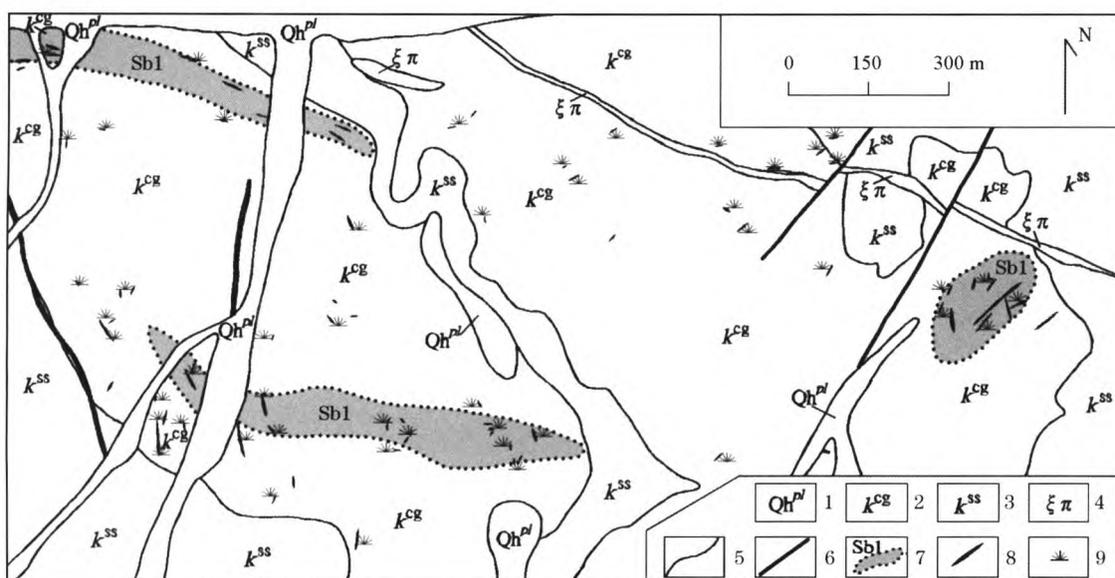
#### 5.2 Y1 综合异常查证

Y1 综合异常为区内重点异常,具有较好的找矿前景。为验证水系异常的有效性和准确性,本次主要通过岩石地球化学剖面测量,磁法、电法剖面测

量,矿产地质调查及槽探工程初步查明引起 Y1 异常的地质原因。从化探剖面看,在石英脉及构造裂隙上方 Cu、Au 等出现明显峰值,其中 Cu 含量值最高达 10 699.4×10<sup>-6</sup>,Au 最高达 100.43×10<sup>-9</sup>。通过

磁法测量和激电测量在工作区共圈出 8 个磁异常、5 处激电异常。矿产地质调查中,在 Y1 综合异常区

西北部发现 3 条铜矿化蚀变带,其内发育数条铜矿化体(图 4)。



1—全新统;2—卡拉岗组凝灰质砾岩段;3—卡拉岗组凝灰质砂岩段;4—正长斑岩脉;5—地质界线;6—断层;7—铜矿化蚀变带及编号;8—石英脉;9—孔雀石化

图 4 汉水泉地区铜矿点地质简图

Sb1 铜矿化蚀变带:宽 40~60 m,走向 115°,延伸约 730 m。通过探槽揭露,发现数条铜矿化体,矿化体宽 1~3.6 m,Cu 品位 0.15%~0.33%,走向延伸大于 80 m。蚀变带原岩为凝灰质砾岩夹薄层状凝灰质砂岩,受构造作用影响,岩石较为破碎、裂隙较为发育。沿裂隙见数条石英脉发育,石英脉走向与蚀变带走向基本一致,脉宽 2~20 cm。沿石英脉及裂隙见明显孔雀石化,局部见少量辉铜矿化。蚀变以硅化为主,伴随有绿帘石化、绿泥石化。

Sb2 铜矿化蚀变带:宽 50~120 m,走向 40°,延伸约 250 m。通过探槽揭露,发现 3 条铜矿化体,矿化体宽 1~2 m,Cu 品位 0.23%~0.36%,走向延伸大于 90 m。蚀变带原岩为凝灰质砾岩,受构造作用影响,岩石碎裂岩化明显、构造裂隙发育,裂隙多被石英脉充填。铜矿化体由多条矿化石英脉组成,脉宽 3~25 cm 不等。沿石英脉及裂隙面孔雀石化发育,偶见星点状斑铜矿。蚀变主要为硅化、绿帘石化。

Sb3 铜矿化蚀变带:该蚀变带宽 30~110 m,从东向西走向由 NWW 向转为 NW 向,总体走向 280°,走向延伸约 850 m。通过探槽揭露,发现 6 条铜矿化体,矿化体宽 1~2 m,Cu 品位 0.14%~0.47%,走向延伸大于 160 m。蚀变带原岩为凝灰质砾岩夹薄层状凝灰质砂岩,受构造作用影响,岩石碎裂岩化明显、构造裂隙发育。铜矿化体与矿化石英脉关系密

切,石英脉主要沿裂隙发育,脉宽 2~18 cm 不等。沿石英脉及裂隙见孔雀石化发育,偶见星点状斑铜矿。岩内硅化、绿帘石化发育。

### 6 找矿远景区

在对水系沉积物地球化学异常圈定、综合异常解释和查证的基础上,结合区域成矿地质条件、区内矿产地质特征,圈定出具有一定找矿潜力的远景区 3 处<sup>[12-18]</sup>:868 高地铜金找矿远景区、咸水泉西部铜金找矿远景区、咸水泉石膏找矿远景区(图 1)。

#### 6.1 868 高地铜金找矿远景区

远景区位于工作区中部 868 高地一带,面积约 27.35 km<sup>2</sup>。区内出露地层为中二叠统卡拉岗组,主要岩性为杂色砾岩、凝灰质砂岩、凝灰质细砂岩、角砾凝灰岩。区内 NWW 向断层、NNE 向断层发育,断层构造为含矿热液运移提供了良好的运移通道和有利的储存空间,已发现的铜矿点位于两组方向断层交汇处。侵入岩主要为花岗斑岩、正长斑岩、石英二长斑岩、闪长玢岩、辉绿玢岩,多呈岩脉状产出。

远景区内包括 Y1、Y2 两个综合异常。其中,Y1 异常总体呈 NWW 向展布,主成矿元素为 Cu、Au,伴生元素有 Co、Ag,Cu 最大值 91.42×10<sup>-6</sup>,异常平均值 52.48×10<sup>-6</sup>,Au 最大值 7.0×10<sup>-9</sup>,异常平均值

$1.97 \times 10^{-9}$ ,主成矿元素浓集中心明显,且 Au 异常显示出二级浓度分带。化探剖面测量中,在石英脉及构造裂隙上方 Cu、Au 等出现明显峰值,其中 Cu 含量值最高  $10\ 699.4 \times 10^{-6}$ ,Au 最高  $100.43 \times 10^{-9}$ 。激电和磁法测量中,区内圈出 5 处激电异常、8 个磁异常,激电和磁法异常呈带状分布,与断层构造基本吻合,显示区内深部找矿前景较好。矿产地质调查中,在 Y1 异常内发现 3 条铜矿化蚀变带,其内发育数条铜矿化体。Y2 异常总体呈近 EW 向,主成矿元素为 Cu,伴生元素有 Pb、W、U、Co、Sb、Ag,元素组合丰富,套合较好,其与 Y1 为同一 Cu 异常,Pb 异常显示出二级浓度分带。化探剖面测量中,在石英脉及花岗斑岩脉上方 Cu、Au 等出现明显峰值,Cu 最高值达  $8\ 255.2 \times 10^{-6}$ ,Au 最高值达  $5.46 \times 10^{-9}$ 。此外,在 Y2 异常内见多条孔雀石化石英细脉发育。

综上,区内成矿地质条件良好,NWW 向、NNE 向断层构造为含矿热液运移提供了良好的运移通道和有利的储存空间;水系沉积物地球化学综合异常发育,元素组合齐全、强度高、浓集中心明显;激电、磁法异常明显,指示区内深部具有较好的找矿前景;已发现 3 条较好的铜矿化蚀变带,其内发育数条铜矿化体。因此,该区是寻找构造蚀变岩型铜金矿的有利地段,应进一步深入开展工作。

## 6.2 咸水泉西部铜金找矿远景区

远景区位于工作区南部,面积  $13.12\text{ km}^2$ 。区内出露地层主要为石炭统巴塔玛依内山组、中二叠统卡拉岗组,巴塔玛依内山组岩性主要为安山岩、凝灰质砾岩,中二叠统卡拉岗组岩性主要为凝灰岩、岩屑砂岩、凝灰质砂岩。区内 NW 向断层构造发育,受构造作用影响裂隙较为发育,其内多充填孔雀石化石英细脉。

远景区内包括 Y7、Y8 两个综合异常。其中,Y7 异常呈 NW 向椭圆状展布,主成矿元素为 Cu,伴生有 Co、Bi、Au、Hg、Cr、Sn、Ag、Zn、Pb、U 异常。Cu 异常最为发育,呈片状,最大值  $66.36 \times 10^{-6}$ ,异常平均值  $49.88 \times 10^{-6}$ 。化探剖面测量中,在断层破碎带及石英脉发育处 Cu、Au 等出现明显峰值,Cu、Au 最高值分别为  $2\ 541.79 \times 10^{-6}$ 、 $13.98 \times 10^{-9}$ 。Y8 异常向南延伸出工作区外不封闭,主成矿元素为 Cu,伴生有 Co、Sn、W、Hg 异常。Cu 异常最为发育,其与 Y7 均为 6 号 Cu 异常。化探剖面测量中,在断层破碎带及石英脉发育处 Cu、Au 等出现明显峰值,Cu、Au 最高值分别为  $3\ 577.01 \times 10^{-6}$ 、 $12.24 \times 10^{-9}$ 。矿产调查中,在 Y8 异常内见多条孔雀石化石英细脉沿构造裂隙发育。

综上,区内成矿地质条件良好,NW 向断层构造有利于成矿物质运移和富集;水系沉积物地球化学综合异常发育、元素组合齐全、强度高;区内见多条孔雀石化石英细脉沿构造裂隙发育。因此,该区是寻找构造蚀变岩型铜金矿的有利地段,应做进一步的勘查工作。

## 6.3 咸水泉石膏找矿远景区

远景区位于工作区东南部,面积  $4.62\text{ km}^2$ 。区内出露地层主要为中侏罗世西山窑组和头屯河组,总体呈北西向展布。西山窑组岩性主要为黄色粗砂岩、黄色砂岩夹红褐色铁质砂岩。头屯河组底部为灰白色含玛瑙砾岩,中部为黄色中层状粗砂岩与浅黄色中薄层状细砂岩互层,上部为灰色泥岩与泥质粉砂岩互层。远景区内 Y5 综合异常发育,异常元素为 Mo、U、Sb、Cu、Hg,各元素异常套合较好。

通过矿产地质调查,区内发现一石膏矿,矿脉产状  $25^\circ \angle 40^\circ$ ,与地层产状基本一致。矿脉地表出露宽  $1 \sim 10\text{ m}$ ,北西向断续延伸约  $3\text{ km}$ 。赋矿层位稳定,围岩为头屯河组泥质粉砂岩、泥岩。石膏呈中薄层状、纤维状,与极薄层状泥岩互层产出,石膏单层厚  $5 \sim 50\text{ cm}$ 。捡块样分析,硫酸钙含量为  $72.81\%$ ,已达工业品位。

综上,头屯河组提供有利的赋矿围岩,石膏矿赋矿层位稳定,品位较富,厚度稳定,延伸可观。因此,该区具有较好的寻找石膏矿前景,建议下一步通过槽探、钻探工程开展深部勘查工作,查明石膏矿深部延伸和赋存情况。

## 7 结论

1) 水系沉积物地球化学测量可以缩小找矿范围,快速确定找矿方向。本次水系沉积物测量共圈出 8 个综合异常,为工作区地质找矿奠定了基础。

2) 结合地质成矿理论对综合异常进行评序、筛选,确定 Y1 为最具找矿前景的综合异常。对 Y1 综合异常进行查证,发现 3 条铜矿化蚀变带,其内发育数条铜矿化体,表明水系沉积物地球化学测量在该区具有较好的找矿效果。

3) 在综合异常分析和查证的基础上,结合区域成矿地质条件、区内矿产地质特征,圈定出 3 处找矿远景区:868 高地铜金找矿远景区、咸水泉西部铜金找矿远景区、咸水泉石膏找矿远景区。前两者是寻找构造蚀变岩型铜金矿的有利地段,第三者具有较好的寻找石膏矿的前景。

## 参考文献:

- [1] 翟裕生. 区域构造、地球化学与成矿[J]. 地质调查与研究, 2003, 26(1): 1-7.
- [2] 杨国清. 构造地球化学[M]. 桂林: 广西师范大学出版社, 1990: 100-119.
- [3] 张本仁. 地球化学的基本观念与方法论[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 1992, 17(增刊): 18-25.
- [4] 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [5] 刘家远. 论新疆东准噶尔陆相火山成矿作用[J]. 大地构造与成矿学, 2001, 25(4): 434-438.
- [6] 董连慧, 徐兴旺, 屈迅, 等. 初论环准噶尔斑岩铜矿带的地质构造背景与形成机制[J]. 岩石学报, 2009, 25(4): 713-737.
- [7] 王军, 李廷栋, 耿树方, 等. 新疆东准噶尔地区斑岩铜矿地质特征与成因[J]. 地球学报, 2010, 31(3): 423-433.
- [8] 张芳荣, 黄迅, 曾凡森, 等. 新疆纸房东地区大长沟群和条山群火山岩形成时代[J]. 东华理工大学学报, 2014, 37(1): 51-56.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 肖霞, 倪师军, 白涛, 等. 西藏妥坝地区水系沉积物地球化学特征及找矿靶区[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2016, 35(3): 570-575.
- [12] 夏祥标, 郑来林. 普迟亚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, 2009, 33(6): 626-634.
- [13] 崔晓亮, 刘婷婷, 王文恒, 等. 东昆仑布青山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, 2011, 35(5): 573-578.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 张运强, 陈海燕, 张立国, 等. 冀北新杖子地区水系沉积物地球化学特征及找矿预测[J]. 中国地质, 2015, 42(6): 1980-1988.
- [17] 宋贺民, 张辉, 顾松松, 等. 新疆哈拉奇地区水系沉积物地球化学特征及找矿方向[J]. 地质通报, 2014, 33(1): 71-78.
- [18] 张辉善, 张杰, 史俊波, 等. 青海格尔木红石山地区水系沉积物测量异常特征及优选找矿靶区[J]. 物探与化探, 2011, 35(6): 768-772.
- [19] 王崇云. 地球化学找矿基础[M]. 北京: 地质出版社, 1987: 15-60.
- [20] 杜佩轩, 任明哲, 王岩, 等. 新疆北部地球化学图及综合研究[M]. 新疆维吾尔自治区人民政府国家305项目办公室, 1995.
- [21] 刘以铿. 地球化学中的多元分析[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991.
- [22] 戚长谋. 元素地球化学分类探讨[J]. 吉林大学学报, 1997, 21(4): 361-365.

## Geochemical characteristics and ore-search prospects of Hanshuiquan area in Xinjiang based on stream sediment survey

SUN She-Liang<sup>1</sup>, FENG Zeng-Hui<sup>2</sup>, HUANG Xiao-Bo<sup>1</sup>, ZENG Fan-Miao<sup>2</sup>,  
ZHANG Xian-He<sup>1</sup>, NIU Jian-Zhong<sup>2</sup>, ZHU Chang-Jie<sup>2</sup>, CHEN Shi-Hai<sup>2</sup>

(1. Guangdong Geological Survey Institute, Guangzhou 510080, China; 2. Jiangxi Institute of Geological Survey, Nanchang 330030, China)

**Abstract:** The geochemical characteristics of stream sediments in the Hanshuiquan area were analyzed. Combined with ore-forming geological conditions, the authors delineated eight anomalies. Based on the investigation in Y1 comprehensive anomaly, the authors delineated three copper mineralization zones which include several copper mineralization bodies. The geochemical prospecting of stream sediments exhibit ideal ore-prospecting effect. Through the combination of comprehensive anomaly analysis and investigation, regional metallogenic and local geological setting, three potential ore-prospecting areas were delineated, which included 868 highland Cu-Au area, western Xianshuiquan Cu-Au area and Xianshuiquan gypsum area. The results obtained by the authors provide reference for the future prospecting.

**Key words:** stream sediments; comprehensive anomaly; Cu mineralization; potential ore-prospecting area; Hanshuiquan area

(本文编辑: 蒋实)