

内蒙古二连浩特市—东乌珠穆沁旗 半干旱荒漠草原区区域化探方法试验

孔凡吉, 张青, 曹金虎

(内蒙古自治区地质调查院, 呼和浩特 010020)

摘要: 内蒙古二连浩特市—东乌珠穆沁旗地区属半干旱荒漠草原区。1:20万区域化探扫面应针对该类景观区微景观特点, 选择土壤或水系沉积物测量方法开展工作。经试验确定采样粒级为 $-5\sim +20$ 目; 采样密度2个点/ km^2 ; 采样介质为残坡积物或冲、洪积物。经4个1:20万图幅的区域化探扫面工作, 取得了明显的异常圈定和地质找矿效果, 方法技术有效。

关键词: 半干旱荒漠草原区; 区域化探扫面方法试验; 方法技术的有效性; 内蒙古

中图分类号: P632 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2004)04-0261-09

1 前言

内蒙古二连浩特市—东乌珠穆沁旗地区属半干旱荒漠草原区景观, 是内蒙古中东部重要的多金属成矿带。针对该景观区1:20万区域化探扫面工作的方法技术, 上世纪90年代几家生产单位曾进行过方法试验, 但在工作方法选择上没有达成共识。因此, 2000年11月~2001年2月, 中国地质科学院物化探研究所和内蒙古自治区地质调查院根据该景观区的微景观特点选择金、铜、镍矿点3处, 进行了方法试验研究。

2 地球化学景观区划分

研究区地处内蒙古中东部, 靠近中蒙边界。区内属典型的中温带大陆性气候, 夏季干旱少雨, 冬季寒冷。年平均气温 $2\sim 4^\circ\text{C}$, 年降水量小于200 mm, 年蒸发量大于降雨量。风化作用以物理风化为主, 化学风化较弱。自然景观条件介于内蒙中部中低山区和内蒙东部草原黑土区之间, 土壤性质属栗钙土-

棕钙土-黑土区, 呈碱性。由于该区降雨量相对较少, 元素淋溶作用较弱, 土壤剖面中钙积层普遍发育。

区内地势总体平缓, 其地貌类型属干燥作用的剥蚀平原区。区内风蚀作用较强, 地表疏散堆积物中, 风成沙分布较为广泛。根据研究区自然地理景观特征, 结合1:20万区域化探工作特点划分为如下微景观区:

(1) 低山景观区: 海拔高度一般为1100~1400 m之间, 相对高差一般在200~300 m之间, 地形切割较明显, 起伏稍大, 基岩裸露较好, 一、二级水系发育。

(2) 残山丘陵景观区: 海拔高度一般在1000~1100 m之间, 相对高差一般小于200 m, 地形有起伏, 切割不明显, 水系不发育, 基岩出露一般, 残坡积物发育, 草本植物较发育。

(3) 准平原草原景观区: 平均海拔一般在800~1000 m, 相对高差不大于50 m, 地形平坦, 覆盖较厚, 可达几米至百余米不等, 草本植物发育。局部地段可见残坡积物。

上述微景观区除低山区适合开展水系沉积物测量外, 其他两处微景观区适合开展土壤测量。

收稿日期: 2004-02-23; 修订日期: 2004-05-08

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(200114200003)资助。

作者简介: 孔凡吉(1969), 男, 内蒙古兴和人, 工程师, 1990年毕业于成都地质学院地球化学勘查专业, 现从事区域化探调查工作。

3 低山景观区水系沉积物中物质的分配及元素质量分布变化特征

阿拉盖乌拉铜矿点处于低山景观区, 选择该矿点进行水系沉积物测量方法技术试验, 面积 15 km², 密度 4 个点/km²。在矿点旁小支沟内、矿点上游主沟 300 m 处和矿点下游主沟 300 m 处, 采集了 3 个

水系沉积物大样。野外取样时用 10 目不锈钢筛预筛, 弃掉+ 10 目部分(约占样品总质量的 50%)。取- 10 目部分过筛分级。

3.1 水系沉积物不同粒级质量分布特征

水系沉积物样品物质主要集中在- 10 目~ + 60 目(表 1)。该粒级区占样品总质量的 55% 以上, 说明, 水系沉积物中冲洪积物的赋存形式以中粗颗粒为主, 物理风化作用占主导地位。

表 1 水系沉积物不同粒级的质量分布(%)

Table 1 Percentage of various grain sizes in river sediment sample

粒级(目)	- 10~ + 20	- 20~ + 40	- 40~ + 60	- 60~ + 80	- 80~ + 120	- 120
EL- 1	10	54	21	10	6	3
EL- 2	17	21	17	15	11	20
EL- 3	18	37	17	12	10	7
平均值	15	37.3	18.3	12.3	9	10

3.2 水系沉积物中不同粒级物质组成特征

水系沉积物中- 10 目~ + 20 目物质以岩屑为主(表 2), 占该粒级总量的 58% ~ 98%。20 目以下各粒级物质以石英、长石为主, 岩屑成分平均占相应粒级物质总量的 10.7% ~ 29.7%。镜下观察石英、长石为浑圆、半浑圆状, 系风动力作用所致。20 目以

下粒级岩屑所占比例降低的主要原因是风成沙的混入, 除 EL- 2 样品外, 其余样品的风成沙的混入量均在 70% 以上。EL- 2 样品石英、长石在- 10~ + 20 目粒级内占到 42%, 说明本区除远源风成沙外, 近源风成沙也特别发育, 风成沙干扰严重, 并主要富集于 20 目以下中细粒级中。

表 2 阿拉盖乌拉铜矿点水系沉积物不同粒级组成(%)

Table 2 Percentage of various grain sizes in river sediment sample from Alagaiwula Cu camp

粒级(目)	EL- 1		EL- 2		EL- 3		平均值	
	石英长石	岩屑	石英长石	岩屑	石英长石	岩屑	石英长石	岩屑
- 10~ + 20	42	58	2	98	33	67	25.7	74.3
- 20~ + 40	88	12	42	58	81	19	70.3	29.7
- 40~ + 60	91	9	73	27	86	14	83.3	16.7
- 60~ + 80	91	9	85	15	91	9	89	11
- 80~ + 120	93	7	87	13	88	12	89.3	10.7
- 120	87	13	90	10	88	12	87.3	12.7

3.3 水系沉积物元素的富集特征

表 3 看出, 由于风成沙的干扰, 各元素在- 40~ + 80 目(中粒级) 出现明显贫化段, 除 As 元素外, 其他元素在- 10~ + 20 目(粗粒级) 和- 120 目(细粒级) 出现两个富集段。由于- 120 目物质中岩屑成分较其他中细粒级有所增加, 属化学风化作用产物的可能性较大。因此, 为增加区域化探样品的代表性, 应选择- 10~ + 20 目和- 120 目组合粒级进行

野外生产。

阿拉盖乌拉铜矿点水系沉积物 59 个样品(把每个样品截取- 5~ + 20 目和- 20 目两个粒级段) 算术平均值(\bar{x}) 的对比结果见表 4。从表中可看出, 除 Hg、Pb 外, 其他 12 种元素在粗粒级中明显富集, 其富集程度是细粒级的 1.1~ 3.5 倍。也说明风成沙主要以细粒级形式存在。

表 3 阿拉盖乌拉铜矿点水系沉积物各粒级元素的富集特征

Table 3 Element concentration of various grain sizes in river sediment sample from Alagaiwula Cu camp $w_B/10^{-6}$

粒级(目)	矿点旁小支沟			矿点上游主沟 300 m 处			矿点下游主沟 300 m 处		
	Ag	Cu	Zn	Ag	Cu	Zn	Ag	Cu	Zn
- 10~ + 20	0.170	79	152	0.057	31	65	0.056	22	67
- 20~ + 40	0.121	71	115	0.048	9.4	27	0.047	11	32
- 40~ + 60	0.071	41	60	0.061	18	19	0.064	11	23
- 60~ + 80	0.061	30	49	0.054	7.3	19	0.043	8.9	23
- 80~ + 120	0.056	33	54	0.078	22	35	0.054	20	30
- 120	0.072	47	75	0.061	32	90	0.047	16	51
粒级(目)	As	Sb	W	As	Sb	W	As	Sb	W
- 10~ + 20	4.9	1.46	2.09	9.4	0.63	2.75	8.5	0.70	2.63
- 20~ + 40	5.2	1.30	1.84	5.2	0.39	1.1	5.7	0.54	1.73
- 40~ + 60	4.6	0.75	1.42	4.9	0.40	1.56	4.7	0.45	1.04
- 60~ + 80	5.0	0.64	1.28	4.6	0.41	1.14	5.3	0.43	1.14
- 80~ + 120	5.3	0.69	1.67	6.1	0.59	1.81	4.1	0.44	1.42
- 120	6.6	0.76	2.53	6.0	0.84	3.17	6.4	0.63	1.95

表 4 阿拉盖乌拉铜矿点水系沉积物不同粒级地化参数(平均值) 对比

Table 4 Average values of ore related elements in varied grain sizes of river sediment at Alagaiwulai Cu camp

元素	Ag	Cu	Zn	Mo	Au	As	Sb	Bi	Pb	Sn	W	Hg	Cr	Co	Ni	F
- 20 目段	0.061	13.63	34.56	0.917	1.359	6.275	0.543	0.304	16.98	4.642	1.230	11.43	24.69	7.131	8.909	223.6
- 5~ + 20 目段	0.109	33.67	88.47	1.016	1.795	13.44	1.032	0.606	16.17	5.144	2.716	10.15	74.30	11.15	35.45	776.5

注: $w_B/10^{-6}$, 其中 $w(Au, Hg)/10^{-9}$ 。

3.4 水系沉积物中元素的运移

研究区地形虽有切割,但相对平缓,高差小,水冲刷能力相对较弱。元素在水系沉积物中的运移能力直接关系到采样点的布局。为此,以阿拉盖乌拉铜矿点所在汇水盆地的一级水系为采样起始点,沿主沟向下游取样,点间隔为 600 m,样品在一级和二级水系中均有分布(图 1),取样粒级- 5~ + 20 目。从图中可以看出,主要成矿元素在矿点附近一级水系中形成较强异常, $w(Cu) = 67.0 \times 10^{-6}$, $w(Zn) = 135.9 \times 10^{-6}$, $w(Ag) = 0.31 \times 10^{-6}$ 。进入二级水系后,主要成矿元素质量分数明显下降,各元素质量分数线趋于平缓, Cu, Zn 元素虽有弱异常反映,但已接近背景场、异常的清晰度明显下降; Ag 异常在距矿点下游 1 200 m(3 号点)处消失,至 4 200 m(7 号点)处虽再次形成弱异常,但已远离矿体位置,有反映其他地质体的可能。该景观区内由于大气降水量少,水的冲刷能力有限,水系多呈疏稀的羽毛状或树枝状,沟谷宽阔而平坦,便于风成沙堆积,不利于最新

冲刷物带入,元素的迁移能力一般。因此,低山景观区水系相对发育地段,可选择水系沉积物测量开展工作,但样品应尽量布置在一级水系末端或二级水系的上游,并适当加大采样密度。

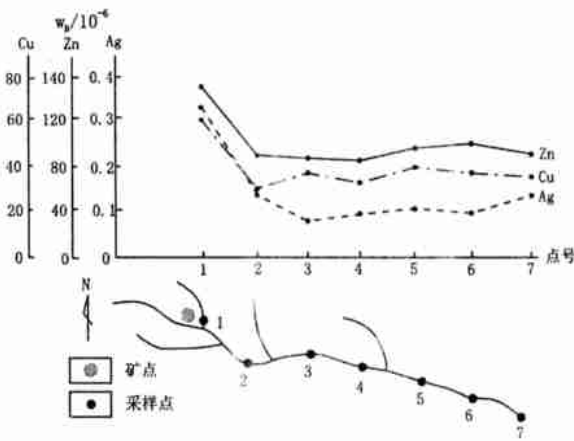


图 1 水系沉积物中 Cu, Ag, Zn 的质量分数变化
Fig.1 Variation of Cu, Ag, Zn in river sediment sample

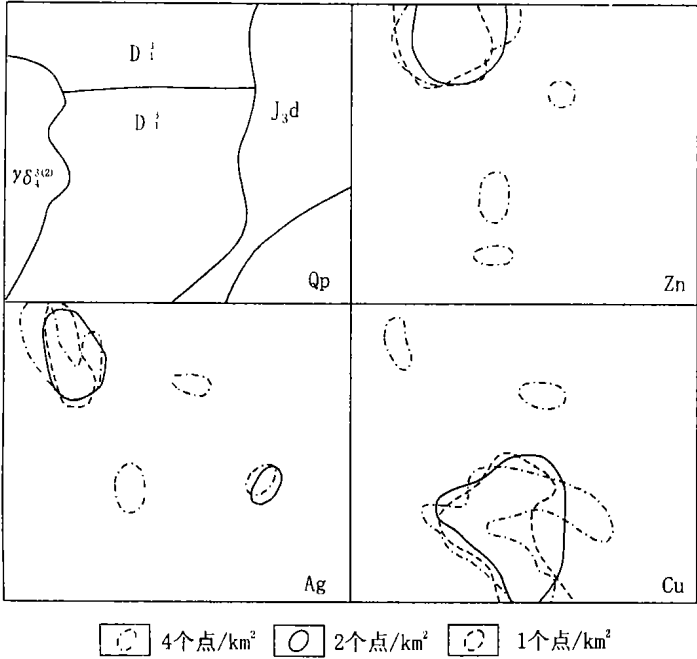


图 2 水系沉积物测量采样密度对比
Fig. 2 Sampling desity of river sediments

3.5 水系沉积物测量的采样密度

阿拉盖乌拉铜矿点水系沉积物样品以 4 个点/ km^2 及对角线抽稀后的 2 个点/ km^2 和 1 个点/ km^2 3 种密度勾绘单元异常图(图 2)。成矿元素 Cu, Ag, Zn 按 2 个点/ km^2 密度抽稀后的异常形态与 4 个点/ km^2 相比变化不大, 仅少量孤点异常信息丢失, 矿点异常均能客观反映出来。1 个点/ km^2 密度所成异常图, 异常虽存在, 但异常形态变化较大, 异常强度减弱, 异常信息丢失较多, 捕捉异常的能力明显减弱。结合 1: 20 万区域化探工作的特点, 采样密度应选择 2 个点/ km^2 。

4 土壤中物质的分配及元素分布变化特征

4.1 土壤中不同粒级质量分布特征

阿拉盖乌拉铜矿点的矿点上方、矿点附近及背景区采集了 3 个土壤大样。每个土壤样品把 5 目以上部分弃掉, 余下部分分为 7 个粒级区。计算出各个粒级区平均质量分数作直方图(图 3), 可以看出, 在地表下 0~ 25 cm, - 5 目~ + 20 目粒级样品质量占 23.9%, - 120 目以下粒级样品质量占 35.1%; 在地表下 25~ 45 cm, - 5 目~ + 20 目粒级样品质量占 39.4%, - 120 目以下粒级样品质量占 23.8%。直方图呈现两端高、中间低的特点, 说明样品物质主要

集中在- 5 目~ + 20 目和- 120 目两个粒级区。

4.2 土壤中不同粒级物质组成特征

表层土壤样品(浅覆盖区 EL-7)主要由细粒级物质构成, 残积层样品(出露区 EL-8)主要由粗粒级物质构成(图 3)。表层土壤中- 10~ + 20 目风成沙掺入量是 17%(表 5), - 20~ + 40 目风成沙掺入量是 57%, - 40 目以下各个粒级区风成沙混入量为 83%~ 97%; 残积层土壤中- 10~ + 20 目风成沙掺入量是 1%, 在- 20~ + 40 目风成沙掺入量是 6%, 在- 40 目以下各个粒级区风成沙的掺入量为 59%~ 71%, 二者差异明显。根据以上分析, 表层土壤样品中风成沙的掺入量明显多于残积层样品中风成沙的掺入量; 粗粒级土壤中风成沙掺入量远小于细粒级土壤中风成沙的掺入量。各样品中- 40 目以下各粒级风成沙含量均在 50% 以上, 说明风成沙干扰严重, 风蚀作用较强。

表 5 哈拉特庙铜镍矿点土壤中颗粒成分(%)

Table 5 Chemical composition of grain sizes from the soil samples

粒级 (目)	EL-7		EL-8		平均值	
	石英、长石	岩屑	石英、长石	岩屑	石英、长石	岩屑
- 10~ + 20	17	83	1	99	9	91
- 20~ + 40	57	43	6	94	31.5	68.5
- 40~ + 60	83	17	59	41	71	29
- 60~ + 80	97	3	62	38	79.5	20.5
- 80~ + 120	94	6	64	36	79	21
- 120	93	7	71	29	82	18

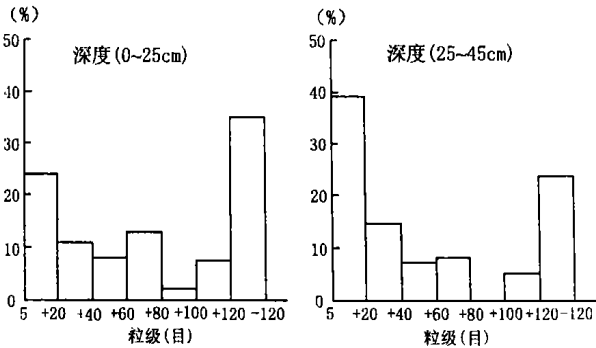


图 3 土壤各粒级质量分布平均值直方图

Fig. 3 Histogram of various grain sizes from soil samples

4.3 背景区土壤元素的富集粒度

低山区阿拉盖乌拉铜矿点背景区土壤测量显示, 主成矿元素 Cu, Ag, Zn, W, Sn, Mo 6 种元素的剖面曲线均出现两个富集段(图 4), 即- 5~ + 40 目和

- 120 目, 呈近宽“U”型分布。具体表现为, 从- 5~ + 20 目、- 20~ + 40 目至- 40~ + 60 目元素的质量分数递减(除 Ag 外), 说明土壤中随粒级由粗到细, 风成沙干扰逐渐增强; - 60~ + 120 目之间曲线平缓, 元素的质量分数变化不大, 是由于该粒级中掺入大量风成沙造成的; - 120 目以下粒级区元素的质量分数再次抬升。考虑到风成沙主要分布在- 40 目以

下各粒级中, 因此, 土壤测量的采样粒度应为- 5~ + 20 目和- 120 目。

4.4 土壤测量的采样层位

残山丘陵景观区哈拉特庙铜镍矿点垂深土壤剖面不同深度土壤中元素质量分数变化特征见表 6。主要成矿元素 Cu, Zn, Ni, Mo 在 0~ 40 cm 深度上富集程度呈现两头高、中间低的变化特点, 表明风成沙

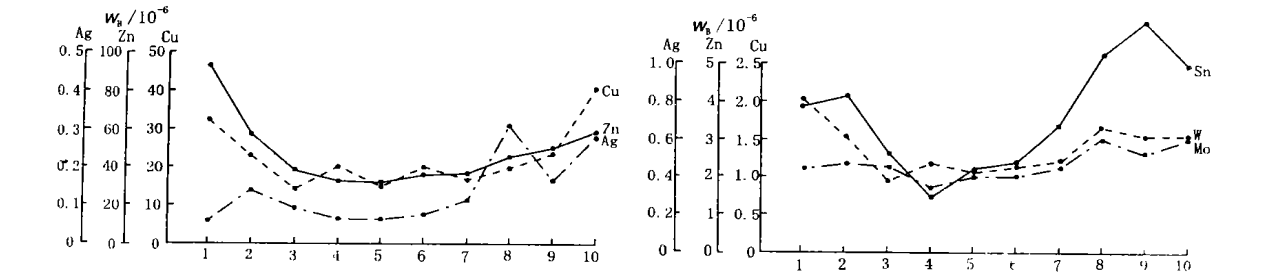


图 4 阿拉盖乌拉铜矿点背景区不同粒级元素的质量分数分布图

Fig. 4 $w\%$ distribution of elements in various grain sizes in background area of Alagaiwula Cu camp
1. - 5~ + 20 目 2. - 20~ + 40 目 3. - 40~ + 60 目 4. - 60~ + 80 目 5. - 80~ 100 目 6. - 100~ 120 目
7. - 120~ + 140 目 8. - 140~ + 180 目 9. - 180~ + 200 目 10. - 200 目

影响主要集中在- 40~ + 120 目之间; 而- 120 目以下含量增高, 与该粒级物质中暗色矿物多、吸附作用强有关。元素在 40~ 90 cm 深度上各粒级区含量变化不大, 而且随着深度增加各个粒级区元素含量逐渐增高, 说明采样深度愈大风成沙的干扰愈小。

残山丘陵景观区某金矿点垂深土壤剖面各粒级不同深度元素质量分数变化特征见表 7。Au, Cu, As, Bi 在 0~ 20 cm 深度上的- 40~ + 120 目粒级区出现明显的低值区, 说明浅地表风成沙干扰严重。20~ 40 cm 深度上各元素数值在中细粒级有所抬升。40~ 50 cm 深度各元素数值随粒级变化不大, 说明在

这一深度基本没有风成沙干扰。因此, 实际工作中应加大采样深度, 以穿透钙积层采到残积层样品为宜。

4.5 土壤测量的采样密度

阿拉盖乌拉铜矿点做了 15 km² 面积性土壤测量(与水系沉积物测量同范围), 密度 4 个点/km²。土壤测量数据按 3 个密度(4 个点/km², 2 个点/km², 1 个点/km²)圈定异常图(图 5), 不同采样密度各元素均有异常反映。与 4 个点/km²圈定的异常相比, 1 个点/km²圈出的异常形态变化较大, 异常面积明显减小, 多数异常消失, 对矿点的反映能力较

表 6 哈拉特庙铜镍矿点土壤剖面各粒级不同深度元素质量分数变化

Table 6 Element variation at different depth in soil section of Halatemiao Cu-Ni camp											$w_B/10^{-6}$	
元素	Cu			Zn			Ni			Mo		
深度(cm)	0~ 20	20~ 40	40~ 90	0~ 20	20~ 40	40~ 90	0~ 20	20~ 40	40~ 90	0~ 20	20~ 40	40~ 90
- 5- + 20 目	4053	11500	11800	165	272	246	33450	91800	121900	8.68	7.44	9.8
- 20- + 40 目	4330	10700	11900	100	236	260	15780	89189	118994	5.2	7.96	13.0
- 40- + 60 目	1300	8960	11700	58	187	267	6277	69864	127255	2.96	6.2	10.0
- 60- + 80 目	1370	8320	10700	60	175	258	5750	63813	132847	2.76	6.44	16.6
- 80- + 100 目	1320	8040	11300	56	164	243	5332	57032	113794	2.76	6.72	12.6
- 100+ 120 目	1320	8320	11200	60	167	251	5579	68260	163041	2.76	6.44	7.32
- 120 目	1770	9038	10925	82	187	229	8273	99698	165657	2.79	6.74	11.6

表 7 某金矿点土壤剖面各粒级深度元素质量分数变化

Table 7 Element variation at different depth in soil section of a gold camp

$w_B/10^{-6}$

元素	Au			Cu			Bi			As		
深度 (cm)	0~ 20	20~ 40	40~ 50	0~ 20	20~ 40	40~ 50	0~ 20	20~ 40	40~ 50	0~ 20	20~ 40	40~ 50
- 5- + 20 目	45.5	7.3	7.4	56.6	32.4	40.4	1.83	0.76	1.38	11.9	12.3	18.4
- 20- + 40 目	6.4	7.5	8.4	41.4	48.6	149	0.46	1.02	1.83	7.4	18.0	28.6
- 40- + 60 目	3.1	7.4	15.9	38.4	21.6	50	0.37	1.19	2.23	6.1	23.4	31
- 60- + 80 目	3.2	4.8	14.8	29.6	18.8	47.2	0.35	0.87	2.18	6.6	14.4	33
- 80- + 100 目	2.4	4.9	15.6	30.0	37	48	0.33	0.70	2.08	6.4	16.6	33.6
- 100+ 120 目	3.2	5.0	7.4	30.2	20	49.2	0.40	0.88	2.33	7.3	15.2	35.4
- 120 目	3.7	10.6	7.7	50.3	31.5	47.4	0.48	0.89	2.09	13.1	22.4	33.8

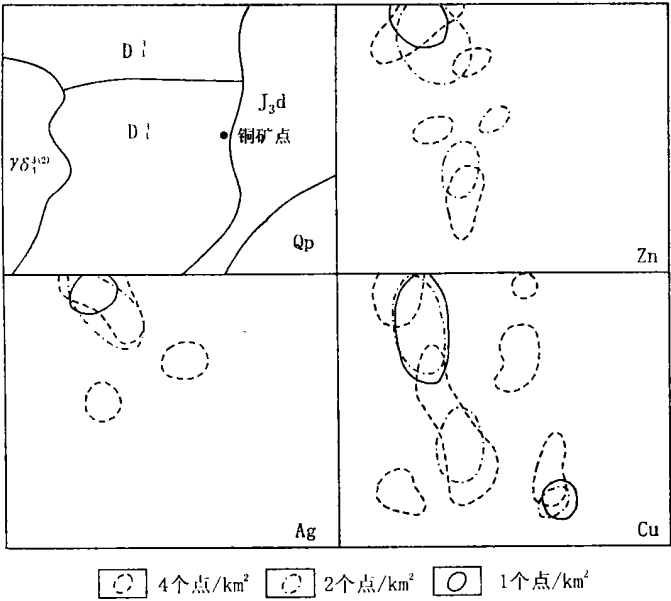


图 5 土壤测量采样密度对比图

Fig. 5 Sampling density of soil geochemical survey

差; 2 个点/ km^2 圈出的异常形态变化相对较小, 异常面积适中, 异常连续性好, 只有少数单点异常消失, 能够客观反映元素在地质体中的变化特征。因此, 确定采样密度为 2 个点/ km^2 。

5 阿拉盖乌拉铜矿点土壤与水系沉积物测量元素质量分数对比

相同区域水系样品中 14 种元素除 $w(\text{Au})$ 算术平均值略高于土壤样品外(表 8), 其他元素的算术平均值均明显低于土壤样品, 元素在土壤中相对富集, 另一方面也说明风成沙在水系沉积物中的掺入量大

于土壤。各元素的标准离差、变异系数、最高异常强度、异常面积等地球化学指标土壤介质明显优于水系沉积物介质, 说明土壤测量比水系沉积物测量能更有效地反映地质体中元素的地球化学变化。由于元素质量分数在土壤和水系沉积物两种介质中差异明显, 实际工作中应根据微景观特点严格划分水系和土壤采样区, 杜绝在同一采样大格内进行水系和土壤两种介质混合采样。

6 方法应用效果

根据方法试验结果, 2001 年在该景观区内安排了乌日尼图等 4 个 1: 20 万幅的区域化探扫面工作, 共圈定各类元素的综合异常 24 处, 其中以亲铜元素为主的异常 19 处, 以钨钼族元素为主的异常 3 处, 放射性元素类异常 1 处。所查证的 10 处亲铜元素类综合异常, 全部找到了异常源。其中 AS3, AS7, AS8, AS12, AS14, AS18 等 6 处综合异常区内均发现了矿化蚀变现象或蚀变带, 部分地段已构成矿体。

6.1 AS3 综合异常

异常元素组合主要为 $\text{Ag-Cu-Cd-Mo-Zn-Pb-As-Sb}$ 及铁族元素组合, 是一套中低温元素组合。异常面积较大, 强度较高, 主要成矿及伴生元素吻合程度好, 浓集趋势显著, 浓集中心可细分为南北两个, 北浓集中心与闪长玢岩脉对应, 南浓集中心与石英斑岩对应。As, Sb 异常只在北面浓集中心出现。主成矿元素及伴生元素中 Ag, Cd, Sb 强度较高, 具有三级浓度分带; Cu, Mo, As 具有二级浓度分带。异常区出露地层为泥盆系泥陂河组。

表 8 阿拉盖乌拉铜矿点土壤介质与水系沉积物介质地化参数对比表

Table 8 Geochemical parameters of soil medium and river sediment medium in Alagaiwula Cu camp

元素	平均值		标准离差		变异系数		极大值		异常面积(km ²)	
	土壤	水系	土壤	水系	土壤	水系	土壤	水系	土壤	水系
Ag	0.139	0.109	0.176	0.044	1.257	0.399	0.28	0.31	1.2	0.55
Sn	9.6	5.144	24.95	3.97	2.597	0.772	168.9	27.2	1.0	1.6
Co	11.7	11.15	5.216	4.366	0.446	0.394	25.3	23.4	0.85	0.18
Cu	67.6	33.67	219.2	19.73	3.244	0.586	1600.	151.0	3.5	2.5
Pb	28.1	16.17	75.49	7.370	2.683	0.456	584.3	42.0	4.3	0.35
Zn	112.8	88.47	168.9	37.87	1.497	0.428	1304.	181.4	4.6	1.5
Au	1.439	1.795	0.394	0.365	0.274	0.203	3.8	2.7	0.62	0.75
F	818.8	776.5	430.5	275.8	0.526	0.355	2790	1350	2.6	2.3
Mo	1.328	1.016	0.662	0.325	0.498	0.316	2.96		1.2	
W	3.305	2.716	2.093	1.417	0.633	0.522	10.4	8.28	1.1	0.6
As	15.88	13.44	13.42	7.061	0.845	0.525	60.7	30.6	2.0	0.15
Bi	1.552	0.606	4.582	0.522	2.953	0.861	30.8	4.0	0.85	0.8
Hg	17.55	10.15	15.79	4.323	0.9	0.426	110.0	27.3	0.65	0.55
Sb	1.079	1.032	0.952	0.601	0.883	0.582	4.26	3.05	1.71	0.45
Cr	81.41	74.30	57.46	38.27	0.706	0.515	281.4	149.3	1.1	1.3
Ni	38.85	35.45	23.94	17.49	0.616	0.493	126.8	76	1.15	

注: $w/10^{-6}$, 其中 $w(\text{Au}, \text{Hg})/10^{-9}$ 。

异常查证在泥盆系泥鳅河组变质砂岩、粉砂岩中见硅化、褐铁矿化、碳酸盐化蚀变带, 走向 NE, 长 60 m, 宽 30 m。铜矿化产于硅化砂岩中, 岩石裂隙孔雀石化发育。该矿化带的形成与石英斑岩脉的侵入有关。地表拣块样 2 件, 品位 $w(\text{Cu}) = 1.32\%$ 和 1.46% , $w(\text{Ag}) = 85.5 \times 10^{-6}$ 和 42.2×10^{-6} , $w(\text{Pb}) = 3.52\%$ 和 1.15% , 已达工业品位。推测该异常是寻找斑岩型铜多金属矿床的有利地段。

6.2 AS7 综合异常

异常元素组合 $\text{Ag}-\text{Cd}-\text{As}-\text{Sb}-\text{Sn}-\text{Bi}-\text{Cu}-\text{Mo}-\text{Pb}-\text{Zn}-\text{Au}-\text{Li}-\text{Be}-\text{F}-\text{B}$ 及 Fe 族元素。异常组分复杂, 强度高, 浓集中心明显, 元素套合好, 具有多期热液的特点。异常出露地层为石炭系上统一二叠系下统宝力高庙组。

异检发现两条平行分布的石英斑岩脉, 一条宽约 2 m, 可见长 300 m, 走向 30° 。石英斑岩及两侧蚀变砂岩拣块样光谱分析最高值: $w(\text{Ag}) = 1.3 \times 10^{-6}$, $w(\text{Cu}) = 355 \times 10^{-6}$, $w(\text{Pb}) = 1\,241.1 \times 10^{-6}$, $w(\text{As}) = 8\,720 \times 10^{-6}$, $w(\text{Zn}) = 507.5 \times 10^{-6}$ 。另一条宽约 1 m, 可见长 1 000 m, 走向 30° 。石英斑岩及两侧蚀变砂岩拣块样光谱分析最高值: $w(\text{Ag}) = 2.36 \times 10^{-6}$, $w(\text{Cu}) = 181 \times 10^{-6}$, $w(\text{As}) = 96\,000 \times 10^{-6}$, $w(\text{Sb}) = 344 \times 10^{-6}$, $w(\text{Zn}) = 1\,598.7 \times 10^{-6}$ 。岩石内见孔洞, 孔洞内发育铁染及蚀

变现象, 肉眼可见雄黄。该异常是寻找浅成热液型银多金属矿床和隐伏斑岩型铜钼矿床的有利靶区。

6.3 AS8 综合异常

异常元素组合为 $\text{Ag}-\text{Au}-\text{As}-\text{Sb}-\text{Cu}-\text{Cd}-\text{Sn}-\text{Bi}-\text{W}-\text{B}$ 及铁族元素。异常范围大, 强度高, 规模大, 连续性好, $\text{Ag}, \text{Au}, \text{Cu}, \text{As}, \text{Sb}, \text{Cd}, \text{B}$ 异常吻合程度较好, 有多个浓集中心。异常区出露地层为奥陶系下统乌宾敖包组。

Cu 异常浓集中心对应于压扭性断裂带, 断层带上见闪长玢岩脉、片理化细砂岩及片理化硅化石英脉。断层发育于奥陶系碎屑岩及结晶灰岩中, NE 向闪长玢岩脉充填于断层中。片理化细砂岩具褪色现象, 蚀变呈紫红色, 偶见褐铁矿化。石英脉分布于片理化细砂岩中, 具蜂窝状褐铁矿化。片理化走向 45° 。片理化带总体宽 20 m 左右, 可见长 2 km, 分布于闪长岩脉两侧。

异常区内发现了 10 条近 EW 向的硅化蚀变细砂岩带。岩石坚硬且硅化蚀变强烈, 突出于地表, 总体呈灰黄褐色, 带宽一般为 2~18 m, 长 200~600 m, 倾向 NE, 倾角 $50^\circ \sim 60^\circ$ 。普遍有碎裂及黄钾铁矾化现象。拣块样分析: $w(\text{Ag}) = 1.96 \times 10^{-6} \sim 7.92 \times 10^{-6}$, $w(\text{As}) = 3\,510 \times 10^{-6} \sim 5\,680 \times 10^{-6}$, $w(\text{Sb}) = 248 \times 10^{-6} \sim 508 \times 10^{-6}$, $w(\text{Au}) = 14 \times 10^{-6} \sim 84.2 \times 10^{-9}$ 。刻槽样 $w(\text{Ag})$ 最高 32.6×10^{-6} , 最

低 15.8×10^{-6} , 平均 25.05×10^{-6} 。该异常是寻找 Ag, Au 多金属的重要靶区,

6.4 AS12 综合异常

异常元素组合主要为 Cu-Mo-Ag-Zn-Cd-Au-As-Sb-Hg 及铁族元素组合。异常面积大, 强度较高, 主要成矿及伴生元素吻合程度好, 浓集趋势显著, 浓集中心沿 50° 方向展布。异常出露地层为奥陶系下统乌宾敖包组。

异检发现, 地层中普遍发育大量褐铁矿, 颗粒大小一般在 2~10 cm。浓集中心见一条硅化褐铁矿化细砂岩带, 宽 200~300 m, 长约 5 km, 走向 70° 。带中普遍发育细脉状、条带状、团块状褐铁矿和石英脉, 热液活动特征明显。该带经剖面控制各元素最高值: $w(\text{Au}) = 9.0 \times 10^{-9}$, $w(\text{Ag}) = 1.49 \times 10^{-6}$, $w(\text{As}) = 275 \times 10^{-6}$, $w(\text{Sb}) = 37.8 \times 10^{-6}$, $w(\text{Hg}) = 32.5 \times 10^{-9}$, $w(\text{Cu}) = 208 \times 10^{-6}$, $w(\text{P}) = 83.8 \times 10^{-6}$, $w(\text{Zn}) = 657 \times 10^{-6}$, $w(\text{Mo}) = 92.4 \times 10^{-6}$ 。推测该异常是寻找层控型 Ag 多金属矿的有利靶区。

6.5 AS14 综合异常

异常元素组合为 Cu-Mo-Ag-Cd-Pb-Zn-W-Sn-Bi-As-Sb 及低强度、分散的 V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni。异常面积较大, 强度高, 元素吻合程度好, 出现 3 个浓集中心。异常区出露地层为石炭系上统一二叠系下统宝力高庙组灰色砾岩夹板岩, 黄绿色长石石英砂岩。岩浆岩有两期: 华力西晚期灰色中细粒花岗闪长岩; 燕山早期黄褐色中粗粒黑云母花岗岩。NE 向构造为主控断裂, 次一级 NW 向断裂 3 条。区内岩脉较发育, 有花岗斑岩、石英斑岩脉、石英脉。

异常检查在该异常的浓集中心部位发现铜矿化带 4 处, 其中 II 号铜矿化带由孔雀石化硅化细砂岩及孔雀石化石英脉构成。孔雀石化范围宽 20 m 左右, 长 50 m。孔雀石化石英脉产于接触带部位, 走向与接触带平行, 近 EW 向, 宽 0.5 m 左右, 有两条, 断续长 50 m, 孔雀石化主要呈浸染状、团块状分布于褐铁矿化边部。拣块样化学分析, $w(\text{Cu}) = 0.174\%$, $w(\text{Ag}) = 2.84 \times 10^{-6}$ 。孔雀石化硅化细砂岩产于外接触带, 走向近 EW, 宽 10 m, 长 30 m, 孔雀石化呈浸染状分布于细砂岩及细砂岩中的细小石英脉。拣块样化学分析, $w(\text{Cu}) = 0.071\%$, $w(\text{Ag}) = 2.83 \times 10^{-6}$ 。

II 号铜矿化带位于石炭系与华力西侵入岩接触

部位, 内外接触带都有孔雀石化, 孔雀石化呈浸染状分布。外接触带为孔雀石化碳酸盐化细砂岩, 内接触带为孔雀石化碳酸盐化花岗闪长岩。铜矿化带宽 7 m, 长 300 m, 走向 EW, 倾角 30° 。经探槽刻槽样分析: 孔雀石化细砂岩 $w(\text{Cu}) = 0.22\%$, 孔雀石化花岗闪长岩 $w(\text{Cu}) = 0.71\%$ 。III 号铜矿化带南、西南见多条孔雀石化石英脉, 石英脉走向一般为 NW 或近 EW, 宽 1 m, 可见长一般 20~50 m。石英脉中孔雀石化分布非常不均匀, 富集地段的孔雀石化呈微细浸染状分布于石英脉中, 石英脉颜色为碧绿色; 贫化地段则看不到孔雀石化, 石英脉颜色为烟灰色。孔雀石化石英脉拣块样化学分析, $w(\text{Cu}) = 0.646\%$, $w(\text{Ag}) = 8.61 \times 10^{-6}$, $w(\text{Mo}) = 394 \times 10^{-6}$ 。该异常元素组合与斑岩型铜矿相似, 是寻找该类型铜工业矿床的有利地段。

6.6 AS18 综合异常

异常元素组合为 Ag-Cd-Zn-Pb-Cu-Sn-W-Au, 异常面积大, 强度较高, 元素套合好。有南北两个明显的浓集中心。异常区出露地层为奥陶系下统乌宾敖包组灰色、灰褐色砂岩夹凝灰岩, 绢云板岩; 石炭系上统一二叠系下统宝力高庙组砖红色砂岩; 侏罗系下统流纹岩、流纹质凝灰岩; 白垩系黄色泥页岩夹砂岩。燕山期花岗岩分布在异常的南北端。次一级 NW 向断裂有 3 条。

经异常查证: 北部浓集中心发现了 2 条褐铁矿化蚀变碎裂岩带, 一条宽 10 m 左右, 可见长 150 m, 走向 320° ; 另一条宽 2 m 左右, 可见长 30~50 m, 走向 70° 。蚀变带分布于灰黄色细砂岩中, 沿裂隙硅化、铁锰染发育。蚀变碎裂岩拣块样分析各元素最高值: $w(\text{Ag}) = 7.36 \times 10^{-6}$, $w(\text{Pb}) = 2508.8 \times 10^{-6}$, $w(\text{Zn}) = 1098.8 \times 10^{-6}$, $w(\text{Cu}) = 582.2 \times 10^{-6}$, $w(\text{Sn}) = 300 \times 10^{-6}$ 。

南部浓集中心发现了萤石矿化构造蚀变碎裂岩带, 宽 3~5 m, 长 300 m, 走向 10° 。蚀变带两侧为粉砂岩。蚀变带具氧化褪色现象, 为灰黄色。岩石破碎, 见细脉状萤石(暗紫)矿化, 另有硅化及黑色金属矿化。萤石矿化构造碎裂岩拣块样分析各元素最高值: $w(\text{Ag}) = 1.09 \times 10^{-6}$, $w(\text{Pb}) = 52.4 \times 10^{-6}$, $w(\text{Mo}) = 161 \times 10^{-6}$, $w(\text{Cu}) = 605 \times 10^{-6}$, $w(\text{As}) = 6950 \times 10^{-6}$, $w(\text{Sb}) = 88.3 \times 10^{-6}$, $w(\text{Au}) = 43.9 \times 10^{-6}$, $w(\text{Sn}) = 20.5 \times 10^{-6}$ 。该异常区大部被第

四系覆盖, 邻幅巴音乌拉 NE 向断裂延至本区呈隐伏状存在, 因此这一区域有寻找隐伏矿的可能。

7 结论

综上所述, 内蒙古二连浩特市—东乌珠穆沁旗一带半干旱荒漠草原区 1: 20 万区域化探扫面工作方法应根据微景观特点确定。①低山景观区水系相对发育地段, 选择水系沉积物测量开展工作。样品应尽量布置在一级水系末端或二级水系的上游, 采样密度 2 个点/ km^2 。②残山丘陵、准平原草原景观区地形起伏小、水系不发育地段选择土壤测量开展工作。采样层位为穿透钙积层后的残坡积物, 采样密度为 2 个点/ km^2 。③水系沉积物测量和土壤测量采样粒度为 - 5 ~ + 20 目和 - 120 目。④根据微景

观特点严格划分水系和土壤采样区, 杜绝在同一采样大格进行水系和土壤两种介质混合采样。

该方法技术条件下开展的 4 个 1: 20 万图幅的区域化探扫面工作, 异常圈定效果好; 经异常查证, 发现了可供进一步勘查的铜多金属矿源地 2 处、银矿化带 1 处, 为地质找矿工作的安排提供了重要线索。试验结果证明, 所确定的方法技术能够满足区域化探扫面工作要求。

参考文献:

- [1] 阮天健, 朱有光. 地球化学找矿[M]. 北京: 地质出版社, 1985.
- [2] 任天祥, 赵云. 内蒙古中西部荒漠半荒漠区区域化探扫面方法技术研究[R]. 呼和浩特: 内蒙古地质矿产开发局, 1986.

DISCUSSION ON REGIONAL GEOCHEMICAL EXPLORATION METHOD IN THE SEMI-ARID ERLIANHAOTE-DONGWUZHUMUQINQI AREA, INNER MONGOLIA

Kong Fan-ji, ZHANG Qing, CAO Jia-hu

(Geological Investigation Institute of Inner Mongolia, Hohhot 010020, China)

Abstract: Facing to the tiny landscape in the area we choose soil and river sediment measurements for 1: 20000 geochemical survey. Sampling tests show that grain size (- 5 mesh ~ + 20 mesh) of sampling medium from residual, slope sediments or fluvial sediments is proper. Four sheets of such geochemical survey outline significant anomalies with effective ore-searing result.

Key words: semi arid desolated and boundless grassland area; regional geochemical prospecting method experiment; The usefulness of the method; Inner Mongolia