

小西弓金矿区地球化学勘查方法对比

杨帆^{1,2}, 刘华忠¹, 宋云涛¹, 王成文¹, 喻劲松¹,
徐仁廷¹, 韩伟¹, 王乔林¹, 郭志娟¹, 孔牧¹, 张华¹

(1.中国地质科学院 地球物理地球化学勘查研究所,河北 廊坊 065000;2.中国地质大学 地球科学与资源学院,北京 100083)

摘要: 小西弓金矿是干旱荒漠戈壁残山景观区北山区段重要的金矿床。选择具干旱荒漠景观区典型特征的小西弓金矿床及其外围开展地球化学勘查方法技术的对比,系统研究了土壤测量和水系沉积物测量中风积物的干扰特点、测量的效果和适用性。结果表明,在小西弓金矿区及与其相似的干旱荒漠戈壁残山景观区开展地球化学勘查应首选土壤测量。

关键词: 小西弓金矿;干旱荒漠戈壁残山景观区;地球化学勘查;土壤测量;水系沉积物测量

中图分类号: P632 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2014)02-0205-06

小西弓金矿床以品位高、埋藏浅、规模大为特征,其产出环境、地质和地球化学特征为地质学界所关注^[1]。小西弓金矿区是研制我国干旱荒漠戈壁残山景观区地球化学勘查方法技术研究的众多试验区之一,在该矿区开展示范性对比研究,可为与该矿区类似的地区开展地球化学勘查提供范例。

在北山地区,前人开展地球化学勘查工作基本选择水系沉积物测量,但其找矿效果不够明显^[2],主要因为水系沉积物中混入了风成沙,且风成沙在水系沉积物中的分布及干扰特点有待进一步查明,而且区内水系不发育,水系沉积物测量不能覆盖全区^[3]。为此,引入土壤测量方法,开展了两种测量方法效果的对比和风积物对两种采样介质的干扰特点等相关研究。

1 研究区概况

1.1 地理景观概况

小西弓地处我国干旱荒漠戈壁残山景观区,属河西走廊的北侧分区,位于残丘陵山地与剥蚀戈壁过渡带偏山地一侧。区内平均海拔 1 600 m,相对高差约 20~100 m。山地由窄小山体组成,山体不甚明显,与宽约 200~300 m 的剥蚀戈壁和沟谷相间分布。区内干沟较发育,一、二级水系短小,延伸不足 1 km 即进入三级较大水系。部分一级水系密集,水

系冲沟不十分明显,主次水系较难区分^[2,4]。通常沟底与汇水域上游最高点或两侧高程点相对高差在数米或十几米,属干燥作用戈壁丘陵地貌类型。

研究区处在我国大风日数最多的区域。区内以风蚀作用为主,少见集中的风积物堆积。风积物粒级分布范围较大,粗粒部分可达 2 mm 及以上,以掺入方式进入水系沉积物和土壤中^[4-6]。

区内土壤类型为盐类正常干旱土^[7-8],土层较薄。在基岩裸露及半裸露区段,土壤覆盖厚度约为 20~50 cm。土壤下部为基岩风化碎石层,上部以风成沙砾为主。盐积层多出现在距地表 50 cm 以下,以糖粒状、细脉状、包壳状分布。在地势低洼处及河道附近,土壤层较厚,一般在 0.3~1 m,个别地段大于 1 m。

区内植被稀少,以砾漠植被类型为主,生长十分稀疏的膜果麻黄、沙拐枣、木坝王等沙生矮半灌木类植物^[3-4,9-10]。

1.2 地质概况

小西弓金矿床产于由花岗—变质岩层所组成的中酸性岩浆岩—火山岩“北山杂岩”中的小西弓—红旗山韧性剪切带西端的糜棱质岩石内^[11-13],横贯敦煌地块与北山南带之间的疏勒河隐伏深大断裂及其北杨圈沟—西尖山—华窑山区域大断裂和次一级近东西逆冲断裂对其具有明显的控制作用^[1,11-12]。

金矿化主要呈脉状、网脉状和浸染状产在中元古代变质岩和海西期花岗岩类侵入岩内。按金矿(化)体的空间分布及所处的地质构造环境,小西弓金矿区由北而南大体划分成北、中、南三个矿带^[1,13-14],北、中矿带矿化较差,南矿带矿化较好。三个矿带沿韧性剪切带呈北西西向分布。金矿赋存于糜棱状二云片岩、花岗质糜棱岩、剪切型石英脉、糜棱岩化石英闪长岩中。矿体产状与韧性剪切带及断裂一致。

矿区出露的地层主要是前长城系西尖山群下亚群的中浅变质岩。构成小西弓金矿床的初始含金矿源层。西尖山群下亚群的二云片岩夹斜长角闪片岩、绢云石英片岩、大理岩等组成的岩组,是金矿体的主要赋矿围岩^[1,11-14]。

2 研究方法 with 样品分析

研究工作主要由面积性对比试验和样品物质成份与干扰物分布特点研究这两部分组成。面积性对比试验包括在试验区选择 100 km² 开展 1:20 万水系沉积物测量和土壤测量,选择 30 km² 开展 1:5 万水系沉积物测量和土壤测量,进行测量效果和适用性的对比研究。样品物质成份与干扰物分布特点

的研究也包括 2 部分内容:①选择 2 条水系,沿水系在上、中、下游分别采集样品,对各样品颗粒的磨圆程度进行定量分析,确定比例,再进行分析测试元素含量;②选择 30 个土壤垂直剖面中的表层、残积层样品,分析各层样品颗粒的磨圆度,计算比例,再进行元素含量分析。

面积性对比研究的采样粒级为-4~+20 目。水系沉积物测量的采样密度为 1 点/km²(1:20 万)及 4~8 点/km²(1:5 万),土壤测量的采样密度为 2 点/km²(1:20 万)和 8~20 点/km²(1:5 万)。水系沉积物测量采样部位在冲洪积物堆积的流水线底部(或干沟底部),在采样点附近 30~50 m 范围内多条流水线或多点采集组合样。1:20 万土壤测量采用规则的 1 000 m×500 m 测网,1:5 万土壤测量采用 500 m×250 m 测网,采样部位为基岩上部风化碎石层,采样时剥去上部含有风积的盖层。为增强样品代表性,在正点前后约 1/3 距离内,5 点采集组合样。

样品分析工作由中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所中心实验室承担完成。样品分析测试严格按照相关规范中关于样品分析测试的质量要求执行,分析质量可靠(表 1)。

表 1 样品分析测试结果

分析项目	分析方法	检出限	单位	一级标准物质合格率/%	密码样合格率/%
Au	无火焰原子吸收光谱法(AAN)	0.2	10 ⁻⁹	100	100
Ag	发射光谱法(ES)	20	10 ⁻⁹	100	100
As	氢化物—原子荧光光谱法(HG-AFS)	0.2	10 ⁻⁶	100	100
Bi	等离子体质谱法(ICP-MS)	0.05	10 ⁻⁶	100	100
Cd	等离子体质谱法(ICP-MS)	20	10 ⁻⁹	100	100
Co	等离子体质谱法(ICP-MS)	1	10 ⁻⁶	100	100
Cr	等离子体质谱法(ICP-MS)	1	10 ⁻⁶	100	100
Cu	等离子体质谱法(ICP-MS)	1	10 ⁻⁶	100	100
Hg	冷蒸汽物—原子荧光光谱法(AFS)	2	10 ⁻⁹	100	100
Mo	等离子体质谱法(ICP-MS)	0.2	10 ⁻⁶	100	100
Ni	等离子体光谱法(ICP-OES)	2	10 ⁻⁶	100	100
Pb	等离子体质谱法(ICP-MS)	2	10 ⁻⁶	100	100
Sb	氢化物—原子荧光光谱法(HG-AFS)	0.1	10 ⁻⁶	100	100
Sn	发射光谱法(ES)	1	10 ⁻⁶	100	100
W	等离子体质谱法(ICP-MS)	0.2	10 ⁻⁶	100	100
Zn	等离子体质谱法(ICP-MS)	2	10 ⁻⁶	100	100

3 结果与讨论

3.1 1:20 万水系沉积物测量和土壤测量

1:20 万水系沉积物测量在小西弓金矿区及其外围圈出了 Au、Ag、As、Sb、Pb、Zn、Cu、W、Mo、Cd 等元素的组合异常,其中 Au 异常具有两个明显的浓集中心,是小西弓金矿主矿区的反映。该异常组合

沿小西弓金矿带呈北西向分布,形态较完整,基本将小西弓金矿带的南北矿带包在其中。

1:20 万的土壤测量在此地圈出了 Au、Ag、As、Sb、Pb、Zn、Cd、Co、Cu、Mo、W 等元素的异常组合。与该矿带 Au 异常相伴,见有较强 As、Sb 异常,及中等偏弱的 Ag、Cu、Pb、Zn、Mo、W、Cd、Co 等元素异常,异常浓集中心分布在小西弓三个主要金矿段及

其周围。土壤测量的诸多元素异常中以 Au 异常最强,异常最高衬值可达 64×10^{-6} 。Au 异常中,北侧的三个浓集中心分别和三个金矿段相对应。Au 异常整体沿金矿带呈北西向展布,明显受北西向构造及矿化控制。

从两种方法技术获取的结果来看,二者均可以圈出与小西弓金矿区密切相关的多元素组合异常。但土壤测量圈定的异常,异常浓度高,异常范围对矿带的反映准确、清晰,测量效果明显好于水系沉积物测量结果(图 1)。

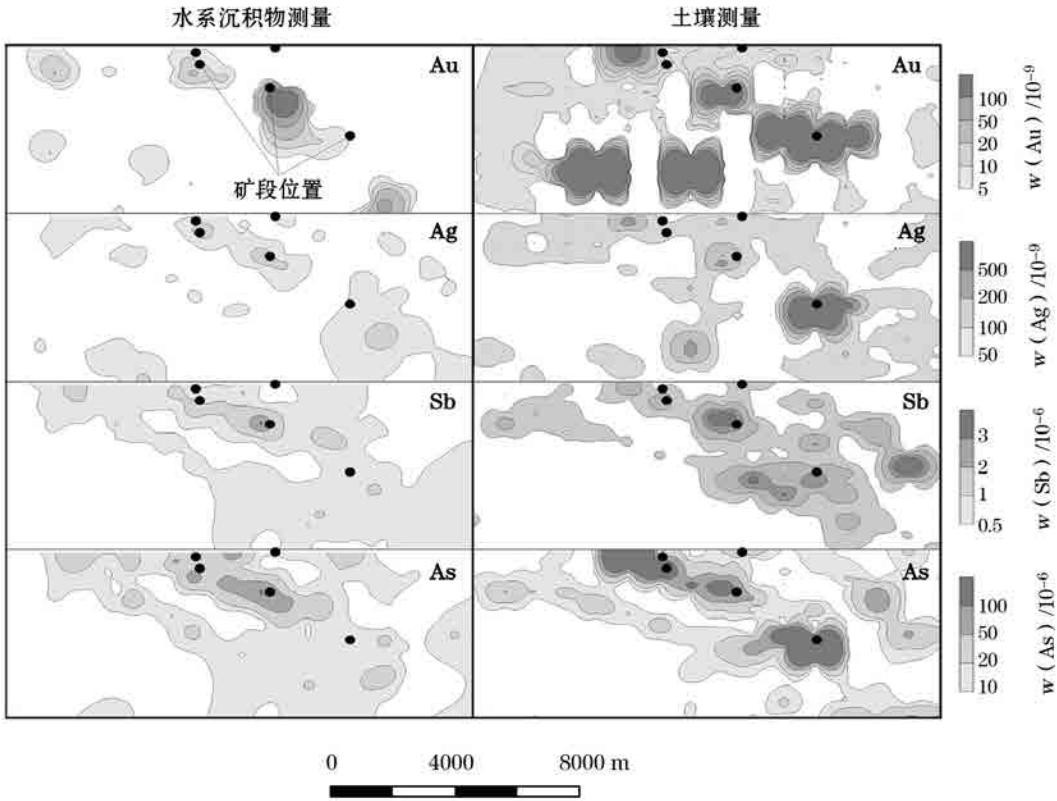


图 1 小西弓金矿区 1 : 20 万水系沉积物测量及土壤测量结果

3.2 1 : 5 万水系沉积物测量和土壤测量

1 : 5 万水系沉积物测量圈出了明显的 Au、Ag、As、Sb、Pb、Zn、W、Cu 等异常,异常整体呈北西向长条状展布。以 Au 为主,出现两个明显的浓集中心,与主矿段位置基本吻合,显示出的元素组合特征与 1 : 20 万水系沉积物测量结果相似。

1 : 5 万土壤测量在小西弓试验研究区圈出了 Au、Ag、As、Sb、Mo、Cu、Pb、Hg、Co、Ni、Bi 等多元素组合异常。与 1 : 20 万土壤测量结果相同,异常整体呈北西向长条状展布,在主矿段附近出现以 Au 为主的多元素异常浓集中心,且浓集中心与主矿段相吻合。

两种 1 : 5 万测量方法技术均可以圈定出小西弓金矿的多元素组合异常。二者相比较,土壤测量在异常强度、整体异常的分布特点,异常与矿带和矿体的吻合程度等方面均明显优于水系沉积物测量(图 2)。相对于 1 : 20 万水系沉积物测量,尽管 1 : 5 万水系沉积物测量的采样密度增大,采样点位置

向一级水系上游偏移,但获得的测量效果仍比土壤测量效果差。

3.3 样品的颗粒组成与元素含量分布特征

将分别在水系上、中、下游采集的水系沉积物样品和 30 个不同点位采集的土壤样品进行颗粒分类、统计和元素含量分析。土壤样品分别取自以风积物为主的表层和以基岩上部风化碎屑为主的下层。用双目镜对每个样品的颗粒进行观察与鉴定,按照颗粒的磨圆程度将其分为棱角状、滚圆状两类。将每个样品混匀后,在双目镜下分出两类颗粒,同时进行计数,每个样品数出 500 个颗粒,每个样品重复进行 3 次计数,并称重,计算平均值。

3.3.1 水系沉积物

水系沉积物样品的颗粒分布结果(表 2)显示,水系沉积物样品颗粒组成因采样位置不同而具有明显的差异。上游水系沉积物中大部分颗粒为棱角状,随采样位置向下游移动,样品中的棱角状颗粒逐渐减少,滚圆状颗粒逐渐增多。棱角状的颗粒磨圆

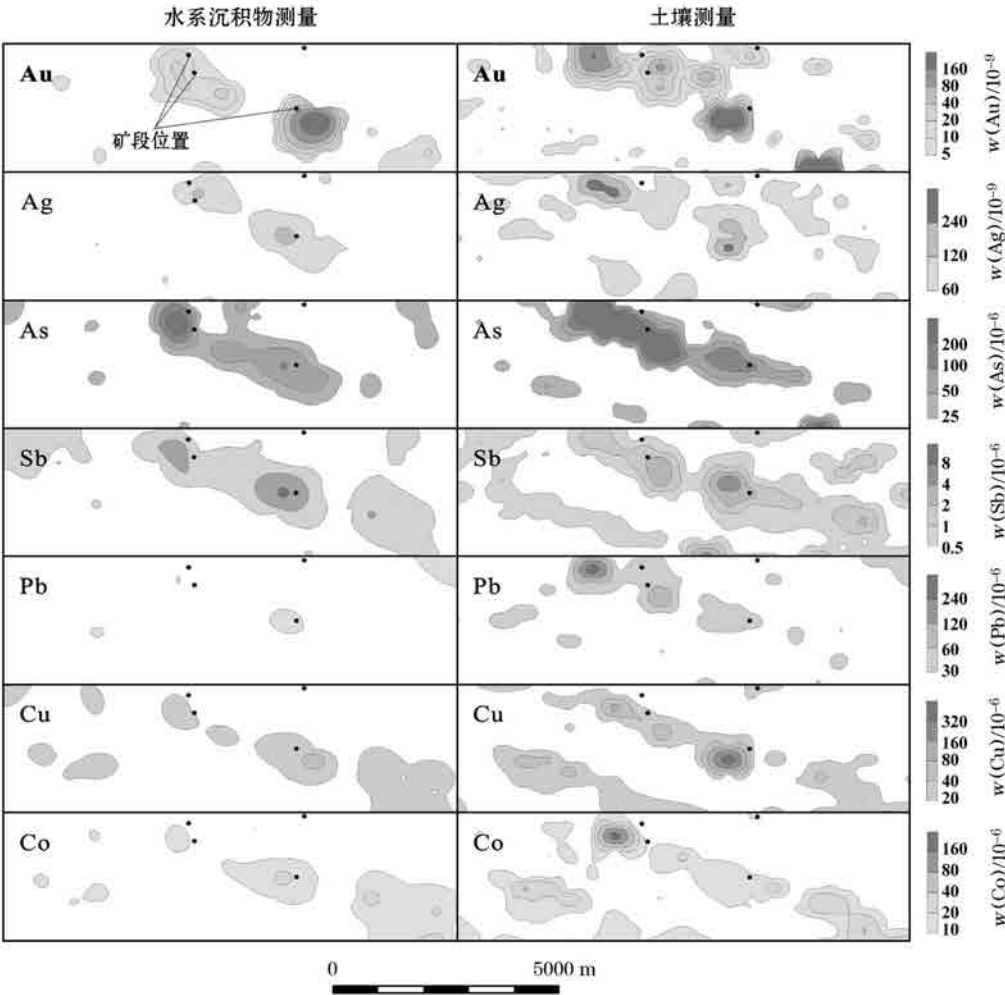


图 2 小西弓金矿区 1 : 5 万水系沉积物测量及土壤测量结果

表 2 水系沉积物样品的颗粒分布

样品采集位置	磨圆程度	颗粒数	平均质量	质量百分比
			g	%
上游,距分水岭 50m	棱角状	402	63.6	80.40
	滚圆状	98	15.5	19.60
中游,距分水岭 800m	棱角状	303	46.3	64.57
	滚圆状	197	25.4	35.43
下游,距分水岭 1600m	棱角状	241	39.9	56.92
	滚圆状	259	30.2	43.08

程度较低,未经长距离搬运代表了近缘的物质;滚圆状的颗粒磨圆程度高,经过了较长距离的搬运,代表了较远的外来物质。试验区水系不十分发育,多为季节性流水,区内物质搬运营力以风力为主,因此,水系沉积物中的滚圆状颗粒多为风积物。从水系的上游至下游,样品中滚圆状颗粒比例增加,表明风积物掺入量增多。

不同采样位置的水系沉积物样品的元素含量结果显示(表 3),从水系上游至下游,随着样品中滚圆状风积物颗粒明显增多,水系沉积物样品中大多数

表 3 不同采样位置的水系沉积物样品的元素含量

样品号采集位置	$w(\text{Au})/10^{-9}$	$w(\text{Ag})/10^{-9}$	$w(\text{As})/10^{-6}$	$w(\text{Zn})/10^{-6}$	$w(\text{Cd})/10^{-9}$	$w(\text{Co})/10^{-6}$	$w(\text{Cu})/10^{-6}$
上游,距分水岭 50m	12.07	103.14	17.72	57.79	178.12	15.19	45.39
中游,距分水岭 800m	5.43	35.92	12.23	24.76	139.80	7.90	15.47
下游,距分水岭 1600m	0.92	21.17	3.13	13.35	47.58	3.83	13.75
样品号采集位置	$w(\text{Hg})/10^{-9}$	$w(\text{Mo})/10^{-6}$	$w(\text{Ni})/10^{-6}$	$w(\text{Pb})/10^{-6}$	$w(\text{Sb})/10^{-6}$	$w(\text{Sn})/10^{-6}$	$w(\text{W})/10^{-6}$
上游,距分水岭 50m	5.45	1.29	30.16	31.64	0.75	3.20	1.51
中游,距分水岭 800m	7.59	0.96	12.95	19.37	0.51	2.03	1.34
下游,距分水岭 1600m	6.40	0.43	5.77	17.12	0.38	2.41	0.33

元素含量逐渐降低^[15]。

3.3.2 土壤

不同采样层位的土壤样品的颗粒分布统计结果(表4)显示,表层土壤以滚圆状风积物颗粒为主;残积层土壤绝大多数是棱角状的颗粒,风积物颗粒极少,残积层样品基本不受风积物干扰。

不同层位土壤样品分析结果显示(表5),受风积物干扰的表层土壤样品中大多数元素含量低于残

积层样品的元素含量。风积物对样品元素含量造成了严重的影响。

表 4 土壤样品的颗粒分布

样品层位	磨圆程度	颗粒数	平均质量/g	质量百分比/%
表层	棱角状	73	13.9	19.94
	滚圆状	427	55.8	80.06
残积层	棱角状	486	64.8	96.86
	滚圆状	14	2.1	3.14

表 5 不同采样位置的土壤样品的元素含量

土壤层位	$w(\text{Au})/10^{-9}$	$w(\text{Ag})/10^{-9}$	$w(\text{As})/10^{-6}$	$w(\text{Bi})/10^{-6}$	$w(\text{Cd})/10^{-9}$	$w(\text{Co})/10^{-6}$	$w(\text{Cu})/10^{-6}$
表层	0.86	55.94	2.21	1.75	53.39	2.68	27.05
残积层	95.20	150.50	75.60	3.19	291.59	13.28	88.13

土壤层位	$w(\text{Hg})/10^{-9}$	$w(\text{Ni})/10^{-6}$	$w(\text{Pb})/10^{-6}$	$w(\text{Sb})/10^{-6}$	$w(\text{Sn})/10^{-6}$	$w(\text{W})/10^{-6}$	$w(\text{Zn})/10^{-6}$
表层	4.62	5.06	26.96	0.21	0.60	0.53	24.99
残积层	10.75	34.81	80.63	0.33	1.45	1.67	59.90

3.4 研究结果讨论

在干旱荒漠戈壁残山景观区,降水量稀少,流水搬运作用微弱,水系不甚发育。区内风力吹蚀与搬运作用甚强,使风积物的颗粒分布范围较大。水系沉积物和土壤中均可见掺入的风积颗粒,这种颗粒经较长距的风力搬运与磨蚀,普遍为滚圆状颗粒。样品中的棱角状颗粒是代表汇水域内近源基岩风化产物,搬运距离短^[16]。从水系的上游至下游,水系沉积物样品中滚圆状颗粒逐渐增加,棱角状颗粒逐渐减少,大多数元素含量逐渐降低。水系上、下游样品中元素含量相差数倍乃至十倍,表明水系沉积物明显受到风积物的干扰,虽然采用-4~+20目截取粒级的采样方法试图消除掺入的风积物,但仍无法消除风积物干扰。

表层土壤样品中掺有大量风积物,而下层土壤样品为残积层样品,极少有风积物混入。采集以基岩风化碎石为主的残积层土壤样品可有效排除风积物的干扰^[2,17],残积层样品中大多数元素的含量显著高于表层土壤样品中的元素含量。

该类景观区降水稀少,流水搬运能力很弱,使水系沉积物的迁移、分散受到严重制约,汇水域内上游的矿化物质迁移距离短,迁移的物质较少。1:20万水系沉积物测量最上游样点主要分布在一级水系口,距上游分水岭约1 km,下移的异常物质偏少,加之风积物掺入使异常明显减弱。1:5万的测量采样密度增大,采样点靠近上游,其效果相对于1:20万有一定程度的改善,但仍不能改变由于水系不发育和风积物的混入对水系沉积物测量产生的影响^[18]。

通常水系沉积物的优点是代表性较好,土壤样品的缺点是代表性差。为了弥补土壤样品的这个缺点,土壤测量的采样密度比水系沉积物测量增加了1倍,且在正点前后约1/3距离内,5点采集组合样。

区内水系不发育,导致水系沉积物测量的采样点布设困难,在无水系的剥蚀戈壁区段更是无法开展工作,这表明该方法对上游汇水域控制不力,测量覆盖面积偏小。而土壤测量则可以覆盖全区^[3,19]。

土壤测量因样品数量偏多,劳动强度大,工作时间长,效率较水系沉积物测量低,但整体工作效果明显较水系沉积物测量结果好。

4 结论

(1)在小西弓金矿及其外围,水系沉积物测量和土壤测量均可获得明显效果。但土壤测量覆盖面积较水系沉积物测量大,可以覆盖全测区,而且圈定的异常强度较高、衬值大,对矿带反映的准确度、清晰程度均明显好于水系沉积物测量,效果偏好。

(2)根据样品的颗粒组成可以认为,土壤下层风化基岩上部的样品颗粒组成稳定,不受风积物干扰,可准确反映测区的地质体的地球化学信息。水系沉积物颗粒中风积物混入比例随采样位置的不同而不同,从上游至下游逐渐增多。风积物的混入对水系沉积物测量产生干扰,且不易消除。

(3)尽管土壤测量较水系沉积物测量效率偏低、劳动强度偏大,但在获得资料的真实性及地质与找矿效果方面明显优于水系沉积物测量。在该区开展地球化学勘查工作应首选土壤测量,采样部位应在基岩上部风化碎石层,采样粒级-4~+20目,采样

应在正点前后约 1/3 距离内,多点采集组合样。

参考文献:

[1] 聂凤军,江思宏,胡朋,等.甘肃小西弓金矿床成矿物质来源和含矿流体运移轨迹同位素示踪[J].地质地球化学,2003,31(4):1-10.

[2] 康明,岑况,吴悦斌,等.北山戈壁荒漠景观 1:5 万地球化学测量方法研究[J].地质与勘探,2004,40(3):64-68.

[3] 杨帆,孔牧,刘华忠,等.北山干旱荒漠戈壁残山景观 1:5 万地球化学勘查方法技术的选择,物探与化探,2011,35(3):308-312.

[4] 冯治汉,徐家乐.甘肃省景观地球化学特征及区域化探工作方法研究[J].地质与勘探,2003,39(6):2-5.

[5] 郭宏瑞.甘肃省北山地区化探异常特征及找矿前景分析[J].甘肃冶金,2008,30(4):48-53.

[6] 徐家乐,冯治汉,牛洪斌,等.甘肃省区域化探方法技术和主要成果[J].甘肃地质学报,2002,11(2):67-73.

[7] 中国科学院《中国自然地理》编委会.中国自然地理——土壤地理[M].北京:科学出版社,1981.

[8] 龚子同,雷文进,高以信,等.中国土壤系统分类[M].北京:科学出版社,1999.

[9] 中国科学院兰州沙漠研究所.中国沙漠植物志:第二卷[M].北京:科学出版社,1987:304-370.

[10] 中国科学院兰州沙漠研究所.中国沙漠植物志:第一卷[M].北京:科学出版社,1985:9-11,350-382.

[11] 王军.甘肃北山南带韧性剪切带型金矿床(点)地质特征及找矿

方向[J].地质找矿论丛,2005,20(S1):33-39.

[12] 丁书宏.甘肃省小西弓金矿床深部和外围找矿潜力研究[J].地质与勘探,2009,45(3):260-266.

[13] 郭晓东,金宝义,徐燕夫,等.甘肃小西弓金矿地质特征及成因探讨[J].黄金地质,2002,8(3):33-37.

[14] 李奋其,王成善.甘肃小西弓金矿地质地球化学特征及成因探讨[J].矿物岩石,2003,23(1):61-65.

[15] Garzanti E, Andó S, France-Lanord C, et al. Mineralogical and chemical variability of fluvial sediments 2. Suspended-load silt (Ganga-Brahmaputra, Bangladesh) [J].Earth and Planetary Science Letters,2011,302(1-2):107-120.

[16] Horowitz A J, Elrick K A. The relation of stream sediment surface area, grain size and composition to trace element chemistry[J]. Applied Geochemistry,1987,2(4):437-451.

[17] Taylor A W, Kunishi H M. Phosphate Equilibria on Stream Sediment and Soil in a Watershed Draining an Agricultural Region[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1971, 19(5):827-831.

[18] Feng J L, Hu Z G, Ju J T, et al. Variations in trace element (including rare earth element) concentrations with grain sizes in loess and their implications for tracing the provenance of eolian deposits [J].Quaternary International,2011,236(1-2):116-126.

[19] Carranza E J M. Analysis and mapping of geochemical anomalies using logratio-transformed stream sediment data with censored values [J].Journal of Geochemical Exploration,2011,110(2):167-185.

A COMPARATIVE STUDY OF GEOCHEMICAL EXPLORATION METHODS
IN THE XIAOXIGONG GOLD ORE DEPOSIT, GANSU PROVINCE

YANG Fan^{1,2}, LIU Hua-zhong¹, SONG Yun-tao¹, WANG Cheng-wen¹, YU Jing-song¹,
XU Ren-ting¹, HAN Wei¹, WANG Qiao-lin¹, GUO Zhi-juan¹, KONG Mu¹, ZHANG Hua¹

(1. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang 065000, China; 2. College of Science and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The Xiaoxigong gold deposit is an important deposit in Beishan arid desert gobi relict mountain landscape region. A comparative study of geochemical exploration methods and techniques were carried out in the Xiaoxigong gold deposit and its periphery. The authors conducted a systematic investigation into the interference characteristics of aeolian deposits in the stream sediments and soil as well as the effectiveness and applicability of the stream sediment survey and soil survey. The results show that soil survey should be taken as the first preference in the two geochemical exploration methods in the Xiaoxigong gold deposit and its periphery as well as in the areas whose arid desert gobi relict mountain landscape is similar to that of the Xiaoxigong gold deposit.

Key words: Xiaoxigong gold deposit; arid desert gobi relict mountain landscape region; geochemical exploration; soil survey; stream sediment survey

作者简介: 杨帆(1983-),男,工程师,从事勘查地球化学基础理论和方法技术研究。