doi: 10.11720/wtyht.2016.6.04

韩伟,刘华忠,王成文,等.沙泉子铜镍矿壤中汞气和二氧化硫气体地球化学测量[J].物探与化探,2016,40(6):1077-1081.http://doi.org/10. 11720/wtyht.2016.6.04

Han W, Liu H Z, Wang C W, et al. A preliminary test of SO₂ and Hg in soil gas geochemical exploration in the Shaquanzi Cu-Ni deposit[J].Geophysical and Geochemical Exploration, 2016, 40(6):1077-1081.http://doi.org/10.11720/wtyht.2016.6.04

沙泉子铜镍矿壤中汞气和二氧化硫气体 地球化学测量

韩伟^{1,2},刘华忠^{1,2},王成文^{1,2},孔牧^{1,2},宋云涛^{1,2},王乔林^{1,2}

(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.中国地质科学院 地球 表层碳—汞地球化学循环重点实验室,河北 廊坊 065000)

摘要:为研究壤中汞气与二氧化硫气体地球化学测量在干旱戈壁荒漠区隐伏铜镍矿的找矿效果,设计了对沙泉子 隐伏铜镍矿壤中汞气与二氧化硫气体的地球化学剖面测量试验,取得了较好的结果。壤中汞气与二氧化硫气体在 隐伏矿化体上方出现不同程度的异常特征,说明这两种方法在试验区对寻找隐伏铜镍矿有一定效果,为在干旱戈 壁荒漠区找矿提供了新思路。

近年来,矿产勘查程度日益提高,地表矿已大部 分被发现,地层深部及覆盖区逐渐成为找矿工作的 研究主体,更有针对性的综合气体地球化学勘查方 法应运而生。该方法在普查找矿、监测地震、圈定热 储和油气田的远景区等方面起着重要的作用^[1],不 仅在方法应用上有长足发展,对其迁移规律、物质来 源等原理也有不少相关研究^[2-5],研究对象主要有 壤中气 Hg、Rn、CO₂、CH₄、H₂S、金属气体、重烃^[1] 等。随着壤中汞气测量方法研究深度不断扩展,其 国内外研究与应用领域已扩展到普查找矿[6-8]、隐 伏活动断层判别^[9]、古墓考察^[10]等方面。二氧化硫 气体在国内外矿产勘查中早已有所利用, 1982年 Carl H Taylor 等利用热力学平衡的计算预测硫化矿 物分解产生的硫气体,并认为将硫气体作为深部硫 化矿床的指示物是可能的[11];1983年张民堂等利 用广东省佛山分析仪器厂生产的 ST-SO,-1 型仪器, 在湖北通山县自然硫矿进行的"ST-SO2法"找矿实 验,取得了一定的成果,证明该方法的确可作为一种 物化探手段[12];G.J.奥尔松于 2004 年对金属硫化矿 物的生物氧化基本原理进行了研究^[13],一般认为金 属硫化物在一定条件下氧化形成 SO₂、CS₂ 等含硫气体,其中 SO₂产生的化学反应式为:2S²⁻+3O₂→2O²⁻+2SO₂,随着反应的不断进行,SO₂ 随其他气体一起不断地迁移到近地表,部分扩散至大气中,部分则动态赋存于地表覆盖层中,通过对其直接或间接测量, 对测量结果进行综合分析,即可对隐伏矿床信息进行推断。

依据综合气体的迁移原理,利用现代的分析技术,在新疆哈密沙泉子铜镍矿矿区选定的实验区域内,对壤中汞气与二氧化硫进行剖面地球化学测量。 根据测量结果,结合相关地质资料,总结壤中汞气与 二氧化硫气体在沙泉子铜镍隐伏矿上的地球化学分 布规律,验证其在干旱荒漠区铜镍矿的有效性。

1 研究区景观及地质特征

研究区位于哈密市东南方向,直线距离约170 km。区内为起伏的低山丘陵区,海拔高度约1500~ 2375 m,相对高差一般为数十至数百米。研究区夏 季严热,冬季酷寒,多风少雨,为典型的大陆性气候, 年降雨量小。区内植被稀疏,近山基岩裸露,地形较

收稿日期: 2016-03-09

基金项号: 卢波 雅公益性科研院所基本科研业务费专项资金(AS2013P05)

陡峻,平缓区风成沙覆盖严重,属典型的干旱戈壁荒 漠景观。

区域上该地区位于塔里木板块中天山地块东南缘,北以阿齐克库都克—沙泉子深大断裂为界,与觉 罗塔格晚古生代岛弧带相接,南以卡瓦布拉克—红 柳河深断裂为界,与北山裂谷带相邻,呈近东西带 状、略向南突的弧形分布。

矿区处于中天山地块星星峡隆起地带,出露地 层(图1)主要为中元古界长城系星星峡群(Chx), 整体为一套浅海—滨海相正常沉积碎屑岩,与其后 中基性—酸性侵入岩经受区域变质作用形成,为区 内基性—超基性杂岩体的主要围岩。局部地势低洼 处有第四系冲积砂砾石覆盖。构造较为复杂,断裂 构造主要为沙泉子深大断裂及其次级断裂,北部及 中部表现为单斜构造,南部褶皱构造主要为白虎关 复背斜。岩浆岩主要为侵入岩及脉岩。侵入岩在该 区分布广泛,以华力西期侵入岩为主,次为加里东期 侵入岩,其中加里东期侵入岩主要为片麻状花岗岩, 分布于中部,呈北东向不规则岩枝状产出,地貌上形 成北东走向山脊。

该研究区矿体皆与区内基性—超基性岩体有关 (图1)。主矿体产于Σ20号基性—超基性岩体中,规 模相对较大,具全岩矿化特征,基性—超基性岩体基 本隐伏于地下,只有个别残山隆起部位有星点出露。 西北部Σ19号基性—超基性岩体为矿化蚀变体,大部 分可达到边界品位(表1),地表可见基岩出露。

由于勘查区的特殊地球化学景观,开展的地面 常规化探工作效果不佳,而该区地表大部分被运积 物覆盖,气体保存性较好,因此本区较适宜开展气体 地球化学试验研究工作。



图 1 沙泉子铜镍矿地质简图及工作布置

	表 1	沙泉子铜镍矿	`区基性-	超基性岩体特征
--	-----	--------	-------	---------

岩体名称	19 号基性—超基性岩体	20 号基性—超基性岩体		
形态	不规则状	脉状		
长度/m	85	1 140		
最大宽度/m	16	66		
蚀变特征	强纤闪石化、绿泥石化、弱绢云母化、高岭土化	强纤闪石化、绢云母化、高岭土化、金云母化、滑石化、伊丁石化		
^{矿化特} 所方数 打	居 褐铁矿化、弱孔雀石化	褐铁矿化、孔雀石化		

2 工作部署与样品采集测试

经过对试验区的实地踏勘,结合相关地质矿床 资料,在试验区安排了4条剖面(每条1.4km)(图 1),分别对壤中汞气和二氧化硫进行采样测试。测 线方向均为北西向(∠320°)。4条剖面中1、2、5线 横穿矿体和19号基性—超基性岩,21线作为背景 测量,剖面采样点距40m。

采样前对仪器的工作条件进行了试验,所用仪器为 XG-7Z 型测汞仪和 HF400 手提式二氧化硫气体分析仪。测汞仪经净化后本底未检出。分别对大气中的壤中汞气和二氧化硫气体进行了 5 次测试,其中壤中汞气平均值为 16.6 ng/m³,二氧化硫气体含量均值为 0.005 mg/m³(表 2),表明大气对本次研究基本没有影响。

序号	SO_2	Hg
1	0.005	17
2	0.011	17
3	0.005	16
4	0.003	18
5	0.003	15
算术均值	0.005	16.6

表 2 大气背景值测量统计

注:Hg 单位为 ng/m³,SO₂ 单位为 mg/m³

壤中汞气采集方式采用主动抽气法(图2)。打 孔:用钢钎、大锤在选定的采样位置打两个0.5~1.0 m 深的小孔,间距1.5 m,用螺纹锥形采样器拧紧密 封,避免大气补给。排气:利用抽气筒排除孔内的残 余气体。接管:将净化的捕汞管一端接螺纹锥形采 样器上的静电滤膜过滤器,另一端与抽气筒的导管 相接。抽壤中气:抽1L壤中气至捕汞管。取管:将 已捕集了壤中汞气的捕汞管取下,放入捕汞管盒内。 带回驻地,用测汞仪测定结果并记录。

二氧化硫气体采样亦采用主动抽气法。用钢



钎、大锤在选定的采样位置打两个 0.5~1.0 m 深的 小孔,间距 1.5 m,用螺纹锥形采样器拧紧密封,避免 大气补给,将二氧化硫气体分析仪进气口与螺纹锥 形采样器上的静电滤膜过滤器相连,打开二氧化硫 气体分析仪开关,仪器将自行进行分析测试,最后记 录测试结果(图 3)。HF400 手提式气体分析仪量程 为 0~26.6 mg/m³,精度为<±3%,准确度为 0.003 mg/m³,各项基本参数满足测试要求。



1一螺纹锥形采样器;2一过滤器;3一HF400式二氧化硫气体分析仪 图 3 二氧化硫气体采集测试装置

3 试验结果与讨论

对4条剖面取得的测试结果进行整理,其中1 线的192~212点、5线的200~212点、21线的212~ 216点由于基岩出露严重,未采集到数据,故舍去。 经统计得出壤中汞气与二氧化硫气体地球化学参数 表(表3)。由表中可以看出,横穿矿体和19号基 性—超基性岩体的3条剖面测试结果的算术平均值 均高于背景区算术平均值,但壤中汞气中值在矿体 上方的剖面小于背景区,二氧化硫气体中值大于背 景区,对比大气中的含量,则是试验区背景值大于大 气背景值。标准偏差与变异系数均为矿体剖面值远 大于背景值。因此从统计数据得出的地球化学参数 表来看,该试验结果在不同剖面均表现出不同程度 的异常。

为了分析测试结果对矿体的反映情况,将测试 结果整理,利用 Grapher 画出折线图(图4)。由图4 可以看出,背景区(21线)壤中汞气含量大部分均在 100 ng/m³以下,且趋势较为平缓,数据起伏不大,均 值为57.8 ng/m³;二氧化硫气体则均处于0.346 mg/ m³以下,均值为0.148 mg/m³;表明试验区不同地层 对壤中汞气含量和二氧化硫气体含量影响较小。而 在异常区(1、2、5线)无论是壤中汞气还是二氧化硫 气体,在主矿体上方(20号基性—超基性岩体)和 19号基性—超基性岩体上方均有不同的异常反映。

	指标	最小值	最大值	均值	中值	标准偏差	变异系数	-
Hg	矿体上方	8.69	1244	80.1	40	178	2.219	-
	背景	19.1	142	57.8	52.1	31.5	0.55	
SO_2	矿体上方	0.016	2.281	0.285	0.201	0.305	1.070	-
	背景	0.029	0.426	0.148	0.113	0.106	0.716	

長3 剖面元素地球化学参数统计

注:Hg 单位为 ng/m³,SO₂ 单位为 mg/m³





1号线壤中汞气在两个矿化体上方含量均达到 200 ng/m³左右,二氧化硫气体则达到了 0.67 mg/m³ 以 上,个别点达到了 0.93 mg/m³ 以上。2号线壤中汞 气在 19号基性—超基性岩体附件反映强烈,个别点 含量达到 1 000 ng/m³ 以上,最大值达到 1 244 ng/ m³,这与该测线横穿 19号基性—超基性岩体,且覆 盖层相对较薄有关;但在主矿体附近,2号线壤中汞 气则反映较寡教野代表背景区的 21 线相当,这可能 与主矿体所在处地下已经采空,形成塌陷有关;二氧 化硫气体则在两个矿化体上方均有异常表现,最高 值达到了 0.93 mg/m³。5 号线二氧化硫气体在两个 矿化体上方亦有异常,尤其在主矿体上方达到最高 值 2.28 mg/m³,相同位置壤中汞气含量达到了 633 ng/m³,而在 19 号基性—超基性岩体则反映相对较 弱,这可能与 5 号线横穿 19 号基性—超基性岩体边 际有关,已稍偏离岩体主体。 综合分析表明,壤中汞气与二氧化硫气体地球 化学测量在本试验区矿体上方有较好的异常反映, 证明其在该试验区寻找隐伏铜镍矿化体具有很好的 指示作用。

4 结论

 1)通过对大气背景和试验区背景测试,结果显示,无论是壤中汞气还是二氧化硫气体,试验区背景 值均大于大气背景值,表明试验区地下较大气中更 富集壤中汞气与二氧化硫气体,本次试验测试结果 与大气含量没有直接关系。

2)试验区壤中汞气和二氧化硫气体地球化学 剖面测量试验结果显示出矿体上方较远离矿化体的 背景区上方变异系数大,且出现不同程度的壤中汞 气与二氧化硫气体矿致异常,说明其在该试验区寻 找隐伏铜镍矿化体具有很好的指示作用。

3)虽然本次试验表明该矿区靠单一气体地球 化学指标指示矿体位置有一定效果,但为提高精确 度,仍需综合多种气体地球化学指标,并结合地质、 物化探资料进行判别,因此相关研究应进一步加强。

综上所述,壤中汞气与二氧化硫气体地球化学测量方法在沙泉子铜镍矿试验区应用效果较好,可 以结合其他地质资料,为确定矿体位置提供参考。 本次研究为今后在干旱戈壁荒漠区开展综合气体地 球化学测量方法试验积累了经验,也为该地貌区进 行地质勘查找矿提供了新思路。

参考文献:

- [1] 伍宗华,金仰芬,古平等,等.汞的勘查地球化学[M].北京:地 质出版社,1994.
- [2] 尹冰川.综合气体地球化学测量[J].物探与化探,1997,21(4):

241 - 246.

- [3] 童纯菡,梁兴中,李巨初.地气测量研究及在东季金矿的试验 [J].物探与化探,1992,16(6):445-451.
- [4] Kristiansson K, Malmqvsit L.Trace elements in the geogas and their relation to bedrock composition [J].Geoexporation, 1987, 24:517 – 534.
- [5] Malqvist L, Kristansson K. Experiment evidence for an ascending micro-flow of geogas in the ground [J].Earth and Planetary Science Letters, 1984,70:407-416.
- [6] 钱建利,余杰,陈武,等.壤中汞气测量在西藏隆子县拉九区中的应用[J].中国矿业,2015,24(增刊):92-95.
- [7] 董金秀,龚敏,龚鹏,等.江西九江成门山铜矿汞气测量找矿方 法[J].地质通报,2010,29(2-3):421-426.
- [8] 曾志方.应用壤中气汞量测量找金的效果——以湖南青京寨、
 三德堂金矿为例[J].黄金地质,2001,7(4):56-59.
- [9] 种瑾,米丰收.壤中气汞在活动断层研究中的应用[J].内陆地 震,1991,5(2):155-160.
- [10] 刘崇民,史长义,胡树起,等.汞量测量及α杯氡测量在探测秦 始皇陵中的应用[J].物探与化探,2005,29(4):336-341.
- [11] Taylor C H, Kesler S E, Cloke P L, 等. 硫化矿物分解的硫气体在 地球化学勘探中的应用[J]. 地球化学勘探, 1982, 17(3):165-185.
- [12] 张民堂.二氧化硫气体找矿法[J].化工地质,1983,1(增刊):72-73.
- [13] 奥尔松 G J.金属硫化矿物的生物氧化基本原理[J].国外金属 矿选矿,2004(12):34-38.
- [14] 伍宗华,金仰芬.提高壤中气汞测量精度的新进展[J].地质评 论,1983,29(1):82-86.
- [15] Lombardi S.Rn, He and CO₂ soil gas geochemistry for the study of active and inactive faults[J].Applied Geochemistry, 2010, 25(8): 1206-1220.
- [16] 徐国瑞,杨自安. 新疆东天山沙泉子地区化探遥感综合找矿信息与金矿成矿预测[J].地质与勘探,2003,39(6):21-24.
- [17] 李生郁,徐丰孚.轻烃及硫化物气体测量找寻多金属隐伏矿方 法试验[J].物探与化探,1997,21(2):128-138.
- [18] 汪明启,高玉岩,张得恩,等.地气测量在北祁连盆地区找矿突 破及其意义[J].物探与化探,2006,30(1):7-11.
- [19] 赵谊,孔令昌. 五大连池火山地区的某些气体地球化学特征 [J].地震地质,1989,11(3):34-36.

A preliminary test of SO₂ and Hg in soil gas geochemical exploration in the Shaquanzi Cu-Ni deposit

HAN Wei^{1,2}, LIU Hua-Zhong^{1,2}, WANG Cheng-Wen^{1,2}, KONG Mu^{1,2}, SONG Yun-Tao^{1,2}, WANG Qiao-Lin^{1,2} (1.Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang 065000, China; 2.Key Laboratory of Geochemical Cycling of Carbon and Mercury in the Earth's Critical Zone, CAGS, Langfang 065000, China)

Abstract: In order to study geochemical prospecting effect of sulfur dioxide gas and mercury soil gas in the concealed Cu-Ni deposit in an arid desertification area, the authors designed an experiment of mercury soil gas and sulfur dioxide gas geochemical profile measurement in the Shaquanzi concealed Cu-Ni deposit. The results show that mercury soil gas and sulfur dioxide gas exhibit anomaly characteristics over the concealed mineralization body. It is demonstrated that the two methods are effective in search for the concealed Cu-Ni deposit, and hence the results obtained by the authors provide new prospecting ideas for the prospecting work in the arid desertification area. Key words: acid desertification area; consealed Cu-Ni deposit; SO₂; Hg soil gas

作者简介: 研究教据5-),男,硕士研究生,主要从事地球化学勘查方法研究工作。E-mail:hanwei@igge.cn