

壤中气汞量测量及其找矿意义

田俊杰 胡国廉 赖文明
常凤池 李德亮 曹惠权

本文主要就我们在铜、铅锌、铁、金、钨、锡、汞、多金属等15个不同类型矿床上进行的试验和试验性生产工作,阐明壤中气汞量测量的影响因素及其找矿意义。

工作方法

我们进行壤中气汞量测量的基本过程是:沿测线以10~40米(主要以20米点距)采样,但也试用过沿不规则路线采样。在测点的覆盖层上,用钢钎或手钻打成半米深的浅孔,把与金丝管、抽气筒(或大气采样器)连接的取样器置入孔中,使其与孔壁间封闭良好,然后根据测区壤中汞气的背景浓度等情况,以一定速度抽取定量壤中气(约5~7升),此壤中气流经金丝管,汞气即附着其上,便构成该点所采之样品;将金丝管与经过标定的测汞仪连接,在800℃的专用电炉上加热20~25秒,汞即释出,以0.3升/分的流量抽入仪器吸收池,便可测定汞含量。

我们也曾试用在孔内滴入8~10毫升3%的 H_2O_2 再行采样的方法,其结果与直接抽气法比较,汞含量增高,均匀性较好,但异常衬度差。

影响因素

1. 分析测定的影响:

我们用自制的原子吸收原理的CGY—2测汞仪测定汞。该仪器具有对数变换、连续灵敏度调节、含量直读、自动调零和峰值保持等线路。测定下限 2×10^{-12} 克 Hg,零点漂移半小时 $<1/2$ 格(3mV),在空气湿度为90%时,峰值保持漂移每分钟 <1 mV,重复测定误差 $<3\%$,标定误差 $<4\%$ 。可见,仪器性能可满足气测需要。但由于单光束非色散性仪器抗干扰能力不强,须考虑其他气体的干扰。

经试验, CH_4 、 C_2H_6 、 C_3H_8 、 C_4H_{10} 等烷类气体在金丝上的附着性甚微; H_2S 浓度 $<3.5\%$ 和 CO_2 浓度 $<7.7\%$ 时也不形成明显干扰; NO_2 、 SO_2 、奈以及土壤中成分

尚不清楚的有机气体,可部分地附于金丝表面,对测定汞量影响明显。选用无水 Na_2CO_3 ,置于仪器进气口,对 SO_2 、 NO_2 等酸性气体过滤可获良好效果。

2. 采样的影响:

现在使用的以新工艺制造的金丝管,吸附释放效率一般均达90%以上,基本可消除由金丝管引起的较大误差。此金丝管是在直径5毫米、长18厘米的耐高温玻璃管中,装入先以特殊方法除汞净化的、重0.3克、直径0.04~0.05毫米的金丝,使金丝呈长为2厘米的松散团状。以火焰灼烧,使金丝与管壁粘合。

在采样过程中,还应防止人为因素的干扰,尽量掌握一致的抽气速度、抽气体积、取样深度等。

3. 地质与自然条件的影响:

地质条件,这主要指覆盖层性质、厚度等。覆盖土层太薄时,一般不利于汞气晕的发育。这不仅是汞气的保存条件问题,更主要的是,由下部汞源迁入土壤的汞离子在微生物多、氧化还原电位低的条件下才易于形成游离态的汞,土层太薄一般不具备这种条件。

覆盖层的成分、结构、厚度在局部范围内有较大差异时,对取样会形成较大干扰,造成测点的测量重现性差。不过这并不足以影响整体测量成果,即不致影响异常、特别是异常带的重现性。图1是甘肃小铁山多金属矿壤中气汞量测量平面图,重复测量结果均沿矿体上部出现汞气异常带,其他矿区重复测量均获类似结果。

重现性问题涉及到质量检验的一个方面,应通过汞气晕形成机理的研究加以解决。

自然条件,主要是降雨、气温的影响比较明显,雨后进行的汞气测量,汞量一般均降低。这主要是由于雨后壤中非毛细管孔隙

中的气体被排出, 通气性变差, 使得雨后土壤气系统中的汞量降低而造成的。图2是江苏象山地区的一条试验剖面。

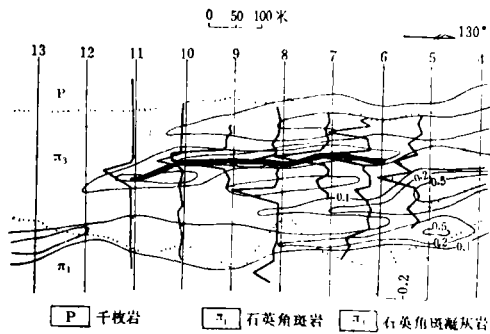


图1 小铁山壤中汞气测量剖面图

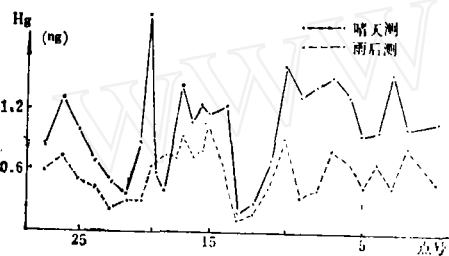


图2 降雨对土壤气汞量的影响

据试验, 就一天时间内在20厘米深度以下的土壤温度变化并不显著, 但从图3中可以看出, 所测汞量随温度而变化是明显的。之所以如此, 除气温对汞的释放产生影响外, 而地表土层和地表气温度的升高, 使得蒸发和壤中气体对流增强, 从而影响壤中汞气变化显得更为重要。

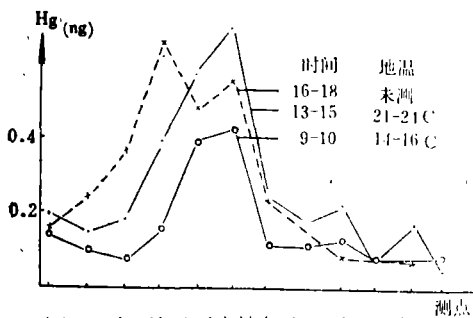


图3 不同地温下土壤气中汞量的变化

土壤气的扩散运移特点已证明可由下式表示:

$$D = KS^2 = \frac{1}{\lambda} D_0$$

式中: D 为壤中气扩散系数; K 为常

数; S 为自由孔隙; λ 为当量扩散距离; D_0 为大气中扩散系数。

看来土壤孔隙 (S) 对壤中气扩散的影响最大。

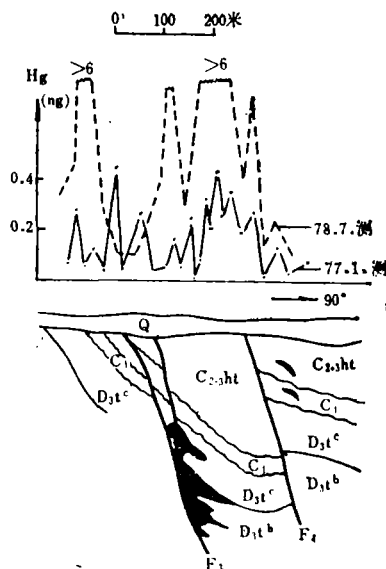
表1是对不同孔隙度的土壤气进行汞气测量的试验结果, 它表明壤中气汞量不随采样体积的增加而呈线性增长, 加之壤中气不同于大气的无限补给特点, 故本文中汞气含量均以绝对量毫微克 (ng) 表示, 而不采用单位体积中的汞量表示。

不同性质土壤中的气体补给特征 表1

第 一 种 情 况				第二种情况			第三种情况		
编号	2 升	4 升	6 升	编号	2 升	4 升	编号	2 升	4 升
1	0.05	0.2	0.2	1	0.17	0.28	1	0.15	0.08
2	0.50	0.2	0.2	2	0.11	0.27	2	0.80	0.50
3	0.20	0.2	0.05	3	0.08	0.13	3	0.98	0.79
⋮	⋮	⋮		⋮	⋮	⋮	4	0.72	0.50
26	0.08	0.12		12	0.27	0.7	5	0.17	0.08
27	0.06	0.10		13	0.13	0.55	6	0.39	0.07
28	0.06	0.10		14	0.11	0.55			
Σ	4.77	4.84		Σ	2.11	5.71	Σ	3.21	2.02

汞量单位: 毫微克

图4是凡口矿区不同季节壤中气汞量测量的对比剖面之一。夏季壤中气汞量比冬季高数倍。试验表明, 就深度60厘米左右的土层而言, 夏季比冬季温度高出 $20 \sim 30^\circ C$ 。



(地层岩性符号图例见图6)

图4 凡口201线不同季节气测结果

显然, 当有必要同时利用不同季节的测量结果时, 应对数据进行改正, 改正方法是:

$$C = K_i \cdot C_1, K_i = M_1 / M_2$$

其中 K_i —测点改正系数;

M_1 —第一次测量众数值;

M_2 —第二次测量众数值;

C_1 —测点原始数值;

C —测点改正后数值。

此法同样可用于面积性生产工作中可能造成的系统误差的改正。在甘肃白银地区4.7公里²汞气测量生产工作中, 用此法对样品测定中产生的批次间系统误差进行改正, 获良好效果。

壤中汞气晕的一般特征

从表2大致可以看出壤中汞气晕的一般情况与特征。

壤中汞气测量典型实例简表 表2

矿床	矿体埋深 (米)	覆 盖 情 况	背 景 值	异 常 值	其 他
			(毫微克)		
大厂锡—多金属矿	0~几百	残坡积层为主, 厚度不大	0.20	0.6~2.4	可反映埋深300余米的倾斜盲矿体; 水平层状矿体反映差, 矿体倾斜方向前缘和垂直上方, 都有异常
金厂峪金矿	几十	坡残积层, 厚0.2~10余米	0.17~0.2	0.4~2.5	含金脉带上有异常反映, 矿体采空后, 异常很弱
石碌赤铁矿	0~几百	坡残积物, 局部有人工堆积, 厚1~10米	0.2	0.5~2.0	地表有复盖层的矿体异常反映清楚
伏牛山砂卡岩型铜矿	50~200	残坡积~冲积层, 厚10~30米	0.17	0.4~1.5	异常对矿体反映清晰, 异常在矿体上盘缓, 下盘陡, 矿体倾斜方向前缘和垂直地表上方有异常
富家坞斑岩型铜矿	几~几十	疏松坡残积物, 有机质较多, 厚3米左右	0.04	0.1~0.4	矿体和断层均有异常反映
小铁山火山岩黄铁矿型铜铅锌多金属矿	几~几百	风积黄土, 厚几~几十米	0.05~0.1	0.3~2	埋深200余米的矿体有清晰的异常反映, 连续性好, 有 Zn^{2+} 或 Cu^{2+} 盐晕异常
甘肃石膏洞火山岩型铜铅锌矿	几十	风积、冲积黄土, 厚几~几十米	<0.01	>0.02	异常弱, 但清晰、连续, 有 Zn^{2+} 或 Cu^{2+} 盐晕异常
凡口铅锌矿	100~200多	冲—洪积层或坡残积层, 以亚粘土为主, 厚20—40米	0.01~0.2	0.03~7	矿上异常较强、连续、对断裂构造反映十分清晰
广西玉兰汞矿	几—十几	坡积物, 厚0.2~几米	0.05	0.1~0.4	断裂含矿—有矿地段比无矿地段异常高

1. 矿体上覆土壤中均发育有清晰的汞气晕异常, 背景值一般为0.01~0.2毫微克, 异常值可大于10毫微克;

2. 在断裂构造上覆土层中, 也发育有明显的汞气异常, 但一般较矿体异常宽度小, 形态简单;

3. 异常一般向矿体或断裂倾斜方向之前

缘方向位移, 矿体垂直投影上部常出现另一较弱异常;

4. 矿体埋深大于200米时, 异常有减弱趋势, 但如果水文地质条件有利, 即使是产状平缓的矿体, 埋深在400余米时, 仍有壤中汞气异常。

壤中汞气测量的作用与效果

1.在厚岩层覆盖区找隐伏矿体和盲矿体有明显效果(如大厂、伏牛山等)。

2.在外来厚层堆积物—残坡积层、风成土、冲积洪积层以及稻田覆盖区,可取得较好的找矿效果(或追索断裂构造)。

甘肃小铁山火山岩型多金属矿,矿石中汞含量为几至几十 γ/g ,主要赋矿地段,有风成黄土覆盖,厚度几至十几米,经两次 100×20 米测网的汞气测量,均有汞气异常沿矿带连续分布(图1)。小铁山邻区石青洞火山岩型铜铅锌矿,矿石中汞含量为 $0.1\sim 0.2\gamma/g$,已知矿带上汞气量虽低,但异常清晰而连续。已知矿带北侧被厚度几至几十米的风成土、冲积层覆盖。在汞气测量试生产工作中,对异常初步验证,见断裂破碎带和Cu—Zn矿化。

广东凡口铅锌矿区,主要赋矿层位是中、上泥盆统灰岩,成矿受向斜中的次级背斜和北北东向断裂控制。矿石中汞含量可达几十至几百 γ/g 。区内大部为厚几米至40余米的粘土、亚粘土层覆盖,且多为稻田。两次气测结果(图4),在矿体和断裂上均获明显的汞气异常。7~8月份壤中气汞量测量较1~2月份高数倍。7~8月背景值 $0.1\sim 0.2$ 毫微克,异常下限 0.6 毫微克。

图5是凡口狮岭和银屑坪地段的气测平面图。金星岭~狮岭是已知主要赋矿地段,呈北东向展布,矿体埋深几十米至二百余米。I、II号异常与矿体赋存部位吻合,在异常向南西方向延展、距210线400~600米的214、216线一带钻孔,见富工业矿

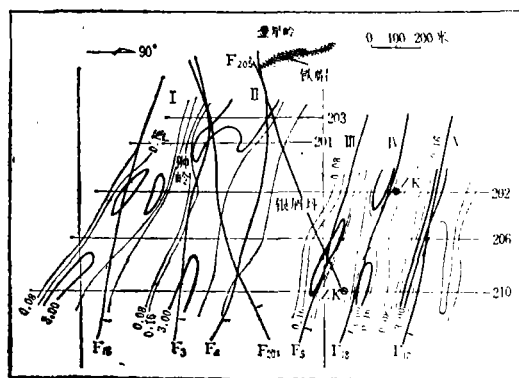


图5 凡口狮岭—银屑坪壤中汞气测平面图

体。Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ号异常分别反映了银屑坪地段 F_6 、 F_{18} 和 F_{17} 断裂构造,钻孔验证结果,202线的 ZK_4 和210线的 ZK_3 ,见厚

度10米以上的富工业铅锌矿体。图6是汞气异常在剖面上的反映情况。在凡口矿区外围湖北岸区段的面积性生产工作中,汞气异常能将断裂构造完好地圈定出来。

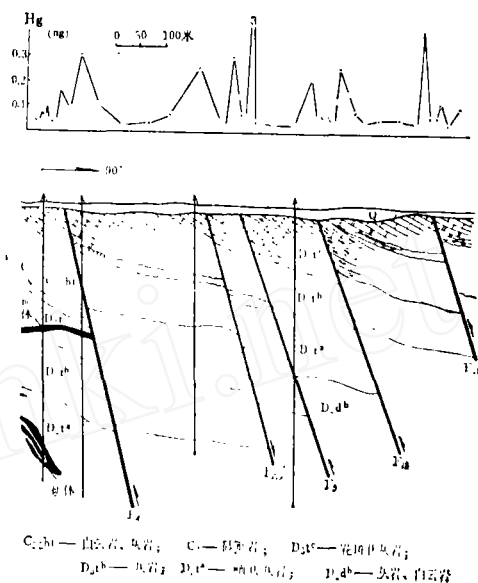


图6 凡口矿区206线化探综合剖面图

3.图7是凡口区域性剖面测量图。汞气区域背景值为 0.01 毫微克,凡口矿区表现为一个高汞晕区段,矿区局部背景值为 $0.1\sim 0.2$ 毫微克。从图中反映看,运用汞气测量方法寻找成矿有望地段,查明掩埋断裂构造以及对断裂含矿性进行评价等,将会发挥积极作用。

4.运用这一方法检验其他物化探成果,作用明显。在白银、凡口地区试验结果,与矿体(或矿化)有关的激电、自电、化探原生晕及次生晕异常上,具有与之吻合的强弱不同的汞气异常,而一些非矿化体(如炭质片岩等)引起的物探异常,则无汞气异常反映。

壤中汞气异常的评价问题

对壤中气汞量异常的评价,是决定壤中气汞量测量找矿效果的重要而又较困难的环节。这是一项综合性的工作。目前,从不漏掉异常和保证异常可靠性考虑,进行 $10\sim 20\%$ 的检查工作,测点的测量和检查测量,如果同时低于或高于异常的下限值,可视为合格。这样合格率达 85% 以上。

未知区和已知区异常对比,以土壤汞量特征检验汞气晕特征,以及结合地质条件与

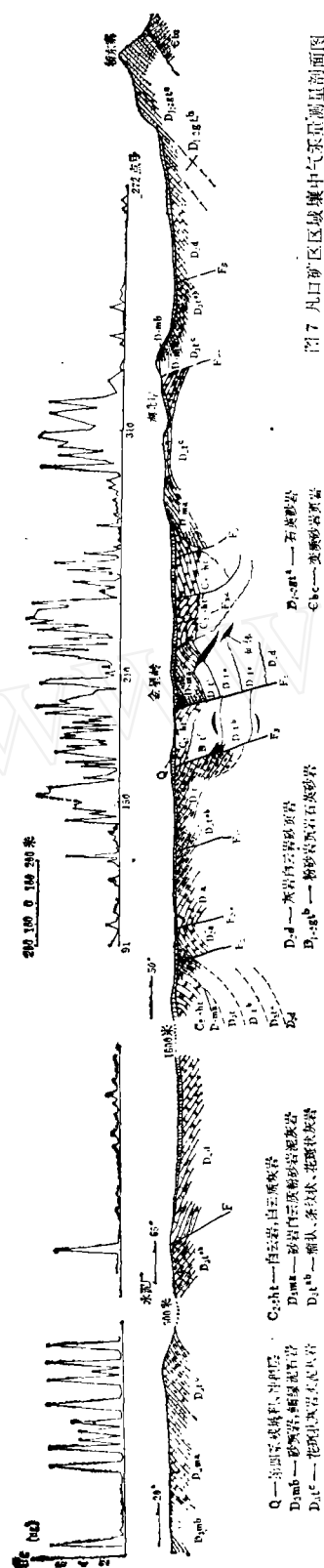


图7 凡口矿区区域汞量测量剖面图

常,如果二者兼有,则应考虑为地表有出露或近地表矿体的特征。

产生汞气异常的地质体较多,如硫化金属矿体或矿化体、铁锰质岩石、含金属硫化物或某种汞源污染的土壤,以及断裂构造等。

我们利用盐晕测量来区分不同地质体引起的汞气异常,取得较好效果。图8是甘肃小铁山矿区盐晕测量剖面之一,铜盐晕异常较好地反映了矿体部位,能将矿体与花岗斑岩引起的汞异常区分开来。在甘肃白银及其外围地区,矿体上的 Cu^{+2} 异常为 $1\sim 80\gamma/\text{g}$, Zn^{+2} 为 $1\sim 100\gamma/\text{g}$,其他地质体上, Cu^{+2} 低于 $0.4\gamma/\text{g}$, Zn^{+2} 低于 $1\gamma/\text{g}$ 。

在石青碛矿区的 Zn^{+2} 盐晕异常和汞气异常吻合的黄土覆盖地段,初步以钻探验证,见断裂破碎带中的Cu—Zn矿化。

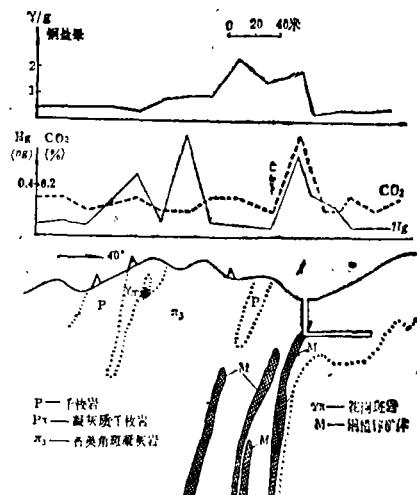


图8 小铁山6线化探综合剖面图

小 结

运用壤中气汞量测量,在厚岩层覆盖区可以有效地寻找隐伏矿体和盲矿体;在外来厚层沉积物—残坡积层、风成土、冲积洪积层以及稻田覆盖区,可以取得良好的找矿效果,并能有效地追索、查明成矿断裂构造;在矿产区带普查中圈定矿化远景区以及在地质构造填图工作中,均能发挥积极作用。

壤中汞气晕具有一定发育特征,受多种因素影响。土壤和土壤气又是一个复杂多变的介质,所以,壤中汞气晕的形成机理还有待深入研究,以促进壤中气汞量测量这一找矿手段的不断完善。

其他物化探资料进行综合研究等手段,可对汞气异常的评价发挥作用。一般来说,隐伏矿体和盲矿体具有汞气异常而无土壤汞量异