

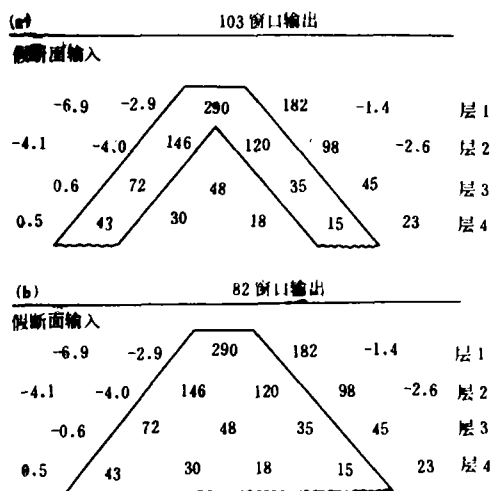


图14 可用来绘制IP 数据等值线图的其它窗口

的IP 图, 如用等值线图表示, 似乎有困难。多层数据一般是用多层剖面图或所谓的假断面图来表示, 这些图件都可用来做推断解释。

可以采用简单的滤波方法, 所得到的数据适用于在平面图上勾绘等值线。这种等值线图反映了假断面的所有各层, 而且所得到的等值线图可提供工作区域内IP 异常的定量特性。

译自: Geophysical Prospecting,

1981, vol. 29, No. 4, pp.639~651

作者: D. C. Fraser

刘德馨译, 贝 庚校

对厚层覆盖区壤中汞气 异常形成机理及找矿效果的研究

冶金部地质研究所化探室气测组 (栾继深执笔)

壤中汞气异常形成机理的研究

一、模拟汞源的转化迁移实验

关于金属矿床上壤中汞气异常的形成, 气态汞是如何从汞源转化迁移而来的问题, 有资料认为: “渗透着地下水的岩层和断裂对气态汞的迁移必然是一种障碍, 很难解释埋藏很深且多位于潜水面下的盲矿体可以产生壤中汞气异常的事实。”我们根据斯托克关于“硫化汞在其他氯化物, 如氯化钾存在时, 溶解度将大大增加, 其他汞化合物溶解度更大”的论点, 做了汞源在液相、固相中的转化迁移实验, 其显示结果, 与上述看法恰恰相反, 实验情况如下。

1. 汞源在液相中的转化迁移 取辰砂5克, 置于3000毫升之密封容器中, 加入400毫升1%的NaCl和50毫升2%的H₂O₂, 使辰砂在此中性混合溶液中进行浸取。目的是观测汞矿物在(模拟的)氧化还原环境中产生的Hg⁰, 能否透

过液相进入气相形成汞气异常。以上制备, 一式两份, 在室温26~29℃下, 分别浸取40天和100天后, 发现气相中汞气浓度由原来的0.045 ng/l, 分别增加到2.53 ng/l和4.5 ng/l, 衬度值分别达到56.2和122.5(表1之S-1)。但同样条件下, 容器中只加入400毫升1%的NaCl溶液, 气相中汞气浓度则有所降低, 即分别为1.88 ng/l和2.11 ng/l, 衬度值为41.8和46.9(表1之S-2)。

为了解含微量汞的金属硫化物的自然转化迁移情况, 分别将30克闪锌矿和30克黄铁矿, 置于上述条件下的混合溶液中浸取40天后, 发现闪锌矿的气相中汞气浓度为0.21 ng/l; 黄铁矿的气相中汞气浓度为0.07 ng/l(表1之S-11、S-12)。

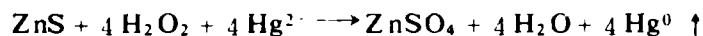
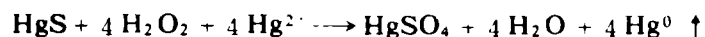
上述实验可见, Cl⁻能促使HgS和ZnS溶解并氧化还原出Hg⁰; 而H₂O₂的氧化还原作用更为强烈, 甚至液相中几乎不残存Hg²⁺, 只有未加入H₂O₂的S-2中, 才有1.4 ng/ml的可溶性Hg²⁺

汞源在液相中的转化迁移实验记录

表 1

样品号	实 验 条 件	平均室温 (°C)	时间 (天)	气相中Hg ⁰ Ca(ng/l)	衬 度 值 (Ca/Co)	液相中Hg ²⁺ (ng/ml)	土壤中可溶性 汞加HgO (ppm)	背 景 值 Co(ng/l)
S - 1	5g 辰砂加 400 ml 1% 的 NaCl 和 50 ml 2% 的 H ₂ O ₂ 混合液浸取, pH = 7.54。置于 3000 ml 的密封容器中。	27	40	2.53	56.2	痕 迹		0.045
		29	100	4.51	122.5			
S - 2	5g 辰砂加 400 ml 1% NaCl 溶液浸取, pH = 7~8, 置于 3000 ml 密封容器中。	27	40	1.88	41.8	1.4		同 上
		29	100	2.11	46.9			
S - 11	30g 闪锌矿加 400 ml 1% NaCl 和 50 ml 的 2% H ₂ O ₂ 混合液浸取, pH = 7.54, 置于 3000 ml 密封容器。	27	40	0.21	4.7	痕 迹		"
S - 12	30g 黄铁矿, 其他条件同上	27	40	0.07	1.6	痕 迹		"
S - 3	500g 土壤 (pH = 6.1), 加 1% 的 NaCl 和 2% 的 H ₂ O ₂ 8:1 混合液潮湿, 并掺入 5g 辰砂, 置于 3000 ml 的密封容器。	27	40	0.48	10.7		23	"
		29	100	0.61	13.6			
S - 5	500g 土壤掺入 5g 辰砂, 用上述 8:1 混合液饱和成泥巴状, pH = 7.54, 其他同上。	27	40	0.63	14.0		11	"
		29	100	1.13	25.2			
S - 6	500g 土壤掺入 17g 硫酸亚铁和 5g 辰砂, 用 1% NaCl 溶液潮湿, pH = 7~8, 其他同上。	29	100	0.53	11.7		7.5	"
		28	140	2.00	44.4			
S - 7	500g 土壤掺入 20g 黄铁矿, 用上述 8:1 混合液潮湿, 其他同上。	27	40	0.05	1.1		0.28	"
		29	100	0.08	1.8			
S - 4	500g 土壤空白, 其他同上	27	40	0.04	0.84		0.9	"
		29	100	0.05	1			

的存在。实验的反应式如下:

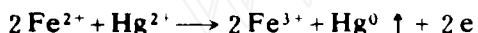


可见HgS和ZnS中S²⁻在变成S⁰~S⁶⁺过程中,能释放出2~8e⁻,可使1~4Hg²⁺还原成Hg⁰。还原出的Hg⁰,以气态形式穿过液相,或随水蒸发进入气相形成汞气异常。萨乌科夫曾指

出: 金属汞(Hg^0)穿过水层的蒸发, 一是可能以汞原子形式在水中通过, 二是汞可借蒸发自水圈进入气圈。这与实验结果相一致。

2. 汞源在固相中的转化迁移 模拟含汞的矿化体在表生氧化带的转化迁移情况。实验是将500克土壤分别掺入一定量的辰砂、黄铁矿和硫酸亚铁铵, 然后用前述浓度的 NaCl 和 H_2O_2 的8:1混合液潮湿和饱和土壤, 分别置入3000毫升的密封容器中。为了对比, 还做了土壤空白实验。

当静置40天和100天后, 掺入5克辰砂的混合液饱和土壤气相中汞气浓度分别达到0.63ng/l和1.13ng/l。潮湿土壤较低, 分别为0.48ng/l和0.61ng/l(表1之S-5和S-3)。掺入17克硫酸亚铁铵, 5克辰砂, 只用1%的 NaCl 溶液潮湿土壤, 静置100天后, 气相中汞气浓度仅为0.53ng/l, 衬度值为11.7; 而静置140天后, 气相中汞气浓度则猛增到2ng/l, 衬度值为44.4(表1之S-6)。可见变价铁盐由低价变为高价时, 对 Hg^{2+} 的还原作用较 H_2O_2 缓慢得多, 其反应式如下:



掺有20克黄铁矿的潮湿土壤, 静置40天后, 未发现汞气释放出来, 与土壤空白相近; 但静置100天后, 气相中汞浓度为0.08ng/l, 衬度值为1.8, 显然是黄铁矿含汞少的缘故。

汞源在固相中的转化迁移, 似乎不如在液相中有利, 原因是土壤中的有机质、粘土、高价铁、铝和二价锰的氢氧化物(胶体)等均能吸附 Hg^0 和 Hg^{2+} 。因此, 汞源氧化还原出的 Hg^0 , 未能完全释放出来, 经测定土壤中尚残存可溶性汞(Hg^0)和 HgO 总量在0.9~23ppm之间。

3. 汞源在气相中的转化迁移 国外, 卡拉西克等只做过辰砂的直接释汞实验, 但对含微量汞的金属硫化物, 在常温常压下能否释放出汞蒸气, 则未有实验。

我们在1979年, 将大栗子铁矿区的各种金属矿物称取20克进行自然释汞实验, 发现在室温20.4℃, 静置一个月, 有相当0.009~0.13ng/g的 Hg^0 释放出来。1980年, 又将该矿区的闪锌矿

和黄铁矿各称取30克, 分别置于3000毫升的密封容器中, 在室温29℃下, 静置100天后, 发现容器中汞气浓度分别达0.06ng/l和0.08ng/l, 相当室内空气背景的1.4~1.8倍。

自然释汞最明显的是辰砂。将10克辰砂置于10000毫升的密封容器中, 静置40天和100天后, 容器中汞气浓度分别达1.63ng/l和2.14ng/l, 为室内空气背景的36~48倍。实验表明, 位于氧化带中含微量汞的金属矿体, 能够直接释放出 Hg^0 。

总之, 实验室能够观测到汞源转化迁移的事实, 在自然条件下也能发生。因为壤中气、天然水一般均含相当多的氯化物, 有时也有臭氧、 H_2O_2 等, 而土壤中还含有变价铁、锰等盐类。因此, 自然界中促使含汞矿物氧化还原的介质, 远比实验室条件还要复杂而有利得多, 在构造发育的含矿地质体中尤其如此。

二、几个典型矿床土壤汞气异常的来源

1. 壤中汞气异常与矿体的关系 模拟实验证实了含汞矿物经氧化还原转化能产生 Hg^0 , 或直接释放出 Hg^0 ; 而 Hg^0 又能以气态形式, 或随水蒸发从液相、潮湿固相中迁移到气相形成汞气异常, 但矿床土壤汞气异常是否也来源于矿体呢? 因此我们选择了几个厚层覆盖和成因类型具有代表性的矿区, 对汞气异常和非异常地段的各类岩石、矿石、单矿物、土壤等样品, 进行了全汞测量和对比研究。

①两江热液型铜矿床: 通过对厚层基岩覆盖的1-1线和3线已知剖面的试验, 发现铜矿石、黄铜矿和黄铁矿中含汞最高, 其中铜矿石含汞为47.7~50.4ng/g; 黄铜矿平均含汞313.5ng/g, 黄铁矿平均含汞232ng/g(表2)。异常地段的围岩含汞较低, 平均在9~12ng/g之间, 分别稍高于其背景值(7.6~10.1ng/g)。异常地段的土壤含汞23.1ng/g, 显著高于其背景值(6.9ng/g)。表明近矿围岩有较弱的汞原生分散晕, 而异常地段土壤中有较强的汞次生分散晕存在。显然近矿围岩以及非矿化地段的岩石、土壤, 只能形成壤中汞气背景含量(0.035ng/l), 不能形成壤中汞气异常; 而壤中汞气异常只能来源于铜矿体, 特

表 2

	破碎带 铜矿石	含铜石英 脉矿石	黄铜矿	黄铁矿	异常地段围岩及土壤			
					泥质砂岩细砂岩 (D ₁ L ₁ ²)	石英砂岩石英岩 (D ₁ L ₁ ¹)	泥质砂页岩 (C ₂)	土壤
样品数 (个)	24	3	13	7	13	11	21	11
汞量变化范围 (ng/g)	17.2~72.0	35.7~57.8	228.8~396.5	140.3~350.8	6.1~17.0	5.9~22.1	4.2~24.8	11.1~36.0
平均含汞量 (ng/g)	47.3	50.4	313.5	232.0	9.4	11.8	11.2	23.1
汞的背景值	土壤	基岩盖层(D ₁ L ₁ ²)的风化土壤为6.9 ng/g						
	壤中气	壤中汞气浓度为0.035 ng/l						
	基岩盖层	包括D ₁ L ₁ ¹ 和D ₁ L ₁ ² 平均为10.1ng/g						
	含矿层	中寒武系(C ₂)泥质砂页岩为7.6 ng/g						

别是矿体中的黄铜矿、黄铁矿等金属硫化物。

②大栗子沉积变质型铁矿床：大栗子东山区菱铁矿体主要赋存在H₄峭壁大理岩中，其中含少量团块状黄铁矿、闪锌矿、方铅矿等。矿体被300~600米厚的千枚岩覆盖。常规化探没有找矿效果，但壤中汞气异常反映较好。试验发现铁矿石和金属单矿物含汞量显著地高于近矿围岩和土壤，其中金属硫化物的含汞量最高，如闪锌矿平均含汞达569.3 ng/g。但菱铁矿含汞量比矿石低，是因矿石中含少量硫化物的缘故。近矿围岩含汞量与其背景值相当。表明壤中汞气异常来源于含少量硫化物的菱铁矿体，而近矿围岩中汞原生晕不发育。

③夹皮沟含金石英脉型矿床：夹皮沟金矿产在太古界鞍山群三道沟组片麻岩类中。矿石矿物主要为自然金、黄铁矿、方铅矿等。矿区被原始森林覆盖，常规化探找矿效果不佳，但壤中汞气测量找矿效果较好。

矿区各时代的岩石中，汞含量在 $1 \sim 4 \times 10^{-3}$ ppm，唯三道沟组岩石的含汞量稍高。矿区各金矿床（点）的矿石中，汞含量为 $1 \sim 4 \times 10^{-1}$ ppm，它为各类岩石汞含量的100倍。单矿物以磁黄铁矿、黄铁矿的含汞量较高，分别在0.28ppm和0.134 ppm。因此认为，壤中汞气异常是来源于金矿体，而不可能来自各类岩石。

此外，对八八一斑岩型铜铅矿床、下四房夕卡岩型铜铁矿床的各类围岩中全汞测量，其结果均表明壤中汞气异常来自矿体，而各类围岩只能形成壤中汞气的背景含量。

2.断裂带中汞的异常特征 通过对两江矿区含矿和非含矿地段的断裂风化物（铁帽）中全汞和Hg⁰分析资料的研究，发现含矿断裂风化物中Hg⁰最高，平均为6.8 ng/g，为非断裂围岩的3.1倍，占其全汞量的30.3%；而非断裂围岩中Hg⁰量只占其全汞量的11.2%。值得注意的是，非含矿地段的断裂风化物（铁帽）中Hg⁰量及占全汞的百分比与其附近围岩较相近。由此可见，对断裂风化物及其围岩中Hg⁰和全汞的对比研究，有可能达到区分含矿与非含矿断裂，圈定和评价含矿地段的目的。

大栗子铁矿区也有类似情况，即：断层泥与其附近非断裂围岩Hg⁰含量比较，前者Hg⁰含量高（平均11.6 ng/g，占其全汞量的68.5%），为后者的4.8倍。

实验结果表明，汞蒸气(Hg⁰)及氯化汞(溶解度大，随地下水迁移)主要是沿断裂构造向地表迁移的，故流经通道要吸附更多的Hg⁰及其化合物。这也是壤中汞气异常之所以赋存于含矿断裂带上方的缘故。

3.土壤中汞的主要存在形式 根据自然汞及

其化合物热释峰温度不同, 以此确定土壤中汞的存在形式。我们以新研究的矿区的土壤为基物, 经热释除汞后, 加入 1 ppm 的 HgCl_2 配成标准样品, 所做的热释曲线图列入图 1 之 A、B。从图可见, HgCl_2 热释曲线形态为双峰特征, MT_1 热释峰温度皆为 160°C ; MT_2 热释峰温度在 $220 \sim 250^\circ\text{C}$ 之间。参照 R. J. 沃特林等的多种汞化合物的热释曲线图 (图 2), 那么, MT_1 热释峰应为 HgCl 的反映 (160°C), MT_2 应为 HgCl_2 的反映 (220°C)。但由于 HgCl_2 化学性质不稳定, 在空气为载气的热释炉中氧化还原而使价态变化。关于反映 HgCl_2 的 MT_2 的不同, 可能是受基物成份影响所致。

通过对上述四个矿区土壤汞的存在形式的研究, 发现其热释曲线多为双峰特征, 主要热释峰集中于 $120 \sim 250^\circ\text{C}$ 之间 (图 1 之 C、D、E、F)。参照已知标准热释曲线图, 确定两江矿区壤中汞的主要存在形式为 $\text{HgCl}(\text{MT}_1)$ 和 $\text{HgCl}_2(\text{MT}_2)$; 大栗子矿区主要为 $\text{Hg}^0(\text{MT}_1)$ 和 $\text{HgCl}_2(\text{MT}_2)$; 下四房矿区主要为 $\text{HgCl}_2(\text{MT}_2)$, 此外 100°C 左右有 Hg^0 的热释峰显示; 铜山矿区主要为 $\text{HgCl}_2(\text{MT}_2)$, $\text{HgCl}(\text{MT}_1)$ 次之。

试验结果表明: 各类矿床土壤汞的存在形式大同小异, 主要由氯化汞 (包括氯化亚汞) 和自然汞组成。这就进一步证实汞主要以自然汞和氯化汞 (氯化亚汞可视为氯化汞的氧化还原过渡产物) 的形式, 沿渗水断裂构造向地表土壤层迁移的。壤中汞气是与土壤介质、壤中汞保持复杂的平衡还原状态。

4. 土壤吸附相态汞测量在找矿评价中的应用
试验表明, 壤中汞气异常来源于矿体; 汞主要以自然汞和氯化汞的形式沿断裂向地表迁移。因此, 含矿断裂上的土壤应比非含矿断裂上的土壤吸附更多的自然汞和氯化汞 (包括氯化亚汞)。两江矿区的试验就说明这一点。

在两江 1-1 线土壤剖面分别做了 100°C 、 120°C 、 140°C 和 160°C 的控温释汞试验, 证实 140°C 热释自然汞和 160°C 热释氯化亚汞的曲线最佳, 其中自然汞在 I、II 和 IV 号矿体上均出现异常峰, 异常强度在 $2 \sim 9.5 \text{ ng/g}$ (背景为 1 ng/g),

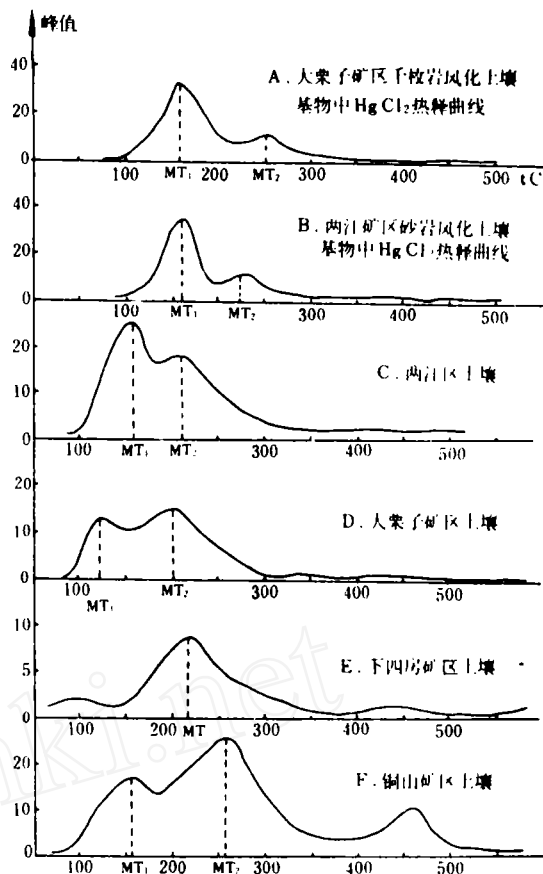


图 1 各矿区壤中汞的热释曲线与 HgCl_2 的热释曲线对比图

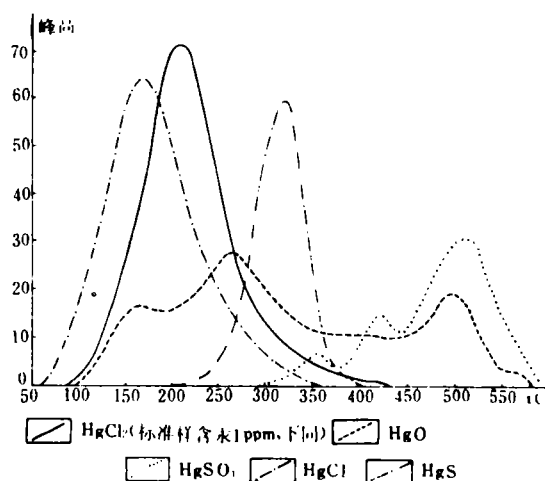


图 2 各种汞化合物中汞蒸气的热释曲线图
(据 R. J. 沃特林)

并与壤中汞气非常吻合；而氯化亚汞的异常峰分别位于矿体上盘，找矿效果也较好（图3）。

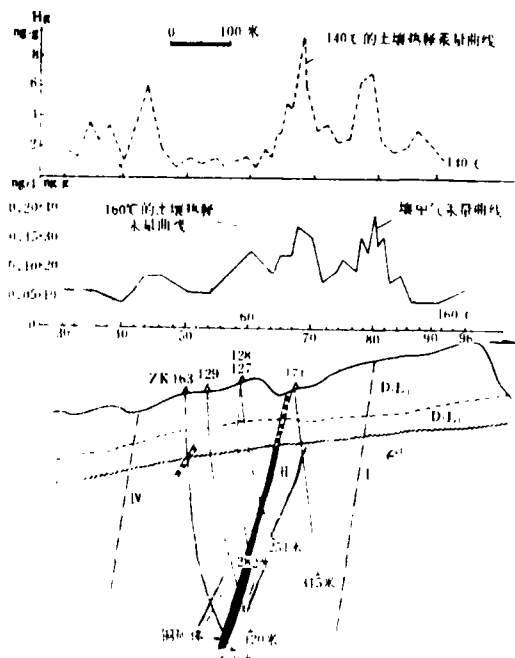


图3 两江铜矿1-1线壤中气汞量与140℃、160℃土壤热释汞量对比剖面图
D₁L₁—砂页岩；D₁L₂—石英砂岩；
C₁—砂页岩互层

两江矿区的土壤在120℃时几乎热释不出Hg⁰，而铜山矿区的土壤则能热释出较多的Hg⁰，因此对铜山矿区405、409线土壤剖面，观测120℃的热释Hg⁰含量，果然在含矿断裂上方出现较好的Hg⁰异常。由此可见，土壤吸附相态汞的热释最佳温度，取决于土壤的成分和性质。壤中吸附相态汞测量与壤中汞气测量相比，具有如下优点：找矿效果和重现性好；采样不受气候影响，样品可兼测其他元素；样品可长期保存，便于检查。

厚层覆盖区壤中汞气异常的找矿效果

一、厚层冲淤积物覆盖区

试验是在吉林小栗子未知矿化地段进行的。该矿点沿鸭绿江地带为震旦系和中生代断陷盆地碎屑岩沉积。矿化与白垩系安山杂岩体关系密切。

岩体南面发现①②号黄铁矿脉，北面发现③④号多金属矿脉。测区北部为厚层坡积物覆盖；南部沿江地带被数十米厚的冲淤积物覆盖，常规化探没有找矿效果。

1978年对Ⅳ、Ⅵ线做壤中汞气测量试验，在③号、④号矿脉上出现0.80~1.12ng/l的汞气异常，其宽度为矿脉宽度的数百倍。从异常特征看，不只是矿脉的反映，可能是细脉浸染型矿化体的反映。后经1:1万的壤中汞气测量，圈出以白房子为界的两处矿化富集地段，包括三个异常浓集中心（指内浓度带）。白房子南侧异常浓集中心位于厚层冲淤积物中，异常走向北东，向南西延伸长达600米。汞气的中浓度带形态似云彩状。推断为北东向矿脉与浸染状矿化体的综合反映，可能深部有斑岩型铜矿体的赋存，建议钻探验证。1980年吉林冶勘602队，对上述矿化富集地段打了五个钻孔，其中四孔见到细脉浸染状铜铅矿体。

二、厚层风积物覆盖区

试验是在呼盟八八一斑岩型铜铅矿区进行的。矿区位于八大关复背斜南东翼次级青石山向斜东南缘。地层为下石炭统火山喷发岩组合。花岗闪长岩为成矿母岩。铜矿体受岩体内北东向片理化破碎带的控制。矿体呈似层状、透镜状。矿石矿物有黄铜矿、辉钼矿、黄铁矿及少量斑铜矿、方铅矿、闪锌矿等。矿区地貌为低缓山丘，草原景观，基岩露头少。地表被几至几十米厚的外来风积物覆盖。常规化探没有找矿效果。

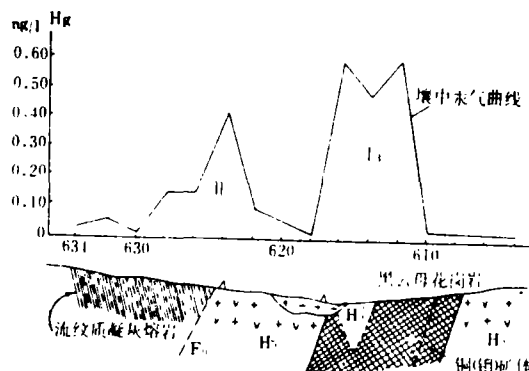


图4 八八一矿区194线壤中汞气异常剖面图
H₁—花岗闪长岩；F—逆断层

1977年,对194线(图4)、200线已知剖面进行试验,确定壤中汞气背景为 0.012 ng/l ,异常下限为 0.04 ng/l 。矿体或矿化体上均出现异常。为圈定矿化富集地段,投入 3.6 km^2 的1:2万壤中汞气测量,发现了十多处有望异常。当年经冶勘706队验证了部分异常,在 Π_3 、 I_4 号异常上施工的702号孔,在30米和200米深处见到假厚度为45米和40米的铜铅矿体; Π_2 、 I_3 号异常经钻探验证,也发现了铜矿化体。

三、第四纪厚层堆积物覆盖区

1978年在山东省西由地区进行试验。测区位于沂沭深断裂带北东侧的焦家和三山岛断裂带之间招掖金矿带上。由太古界胶东群片麻岩类组成单斜构造。据水文资料,老地层与混合花岗岩在80米深处呈断层或侵入接触。大面积的第四纪堆积物厚度在10~30米之间,常规化探没有找矿效果。

在黄埠岭已知破碎带蚀变岩型金矿气测资料的指导下,对西由地区的沙岭、西岭和单山地段投入 5 km^2 的1:2万壤中汞气测量,发现数条与破碎带有关的异常带,其中 F_1 号异常带的赋存部位与航卫照片解译的西由—石虎嘴断裂带基本吻合。 F_1 号异常带形态呈条带状,沿北东 45° 走向延伸1000米以上,宽约200米。汞气浓度一般为 $0.25\sim 0.40\text{ ng/l}$ (背景为 0.05 ng/l),最大峰值位于A剖面为 0.57 ng/l 。异常强度远离推断之 F_1 断裂,向南东有降低的趋势,认为断裂带倾向南东。可能是含重硫化矿体的反映(图5)。据此在A剖面设计ZK 791孔。1979年山东冶勘三队打钻验证,约在360~380米处见强黄铁矿化、云英岩化破碎带,蚀变和矿化类型与已知金矿相似。虽未找到金矿,但据异常特征推断的破碎带部位及其产状都是正确的。

四、厚层基岩覆盖区

1.两江矿区 矿区位于大明山背斜南翼中段“天窗构造”。中寒武统砂页岩为含矿层位。盖层为下泥盆统莲花山组泥质砂岩、页岩、石英砂岩等,厚120~160米。基底与盖层为不整合接触。

寒武系断裂带铜矿受东西向层间挤压断裂带和北东向压扭性断裂带的控制。围岩蚀变为硅化、绢云母化。矿石矿物有黄铜矿、闪锌矿、

方铅矿、黄铁矿等,属中高温热液型铜矿床。常规化探没有找矿效果。

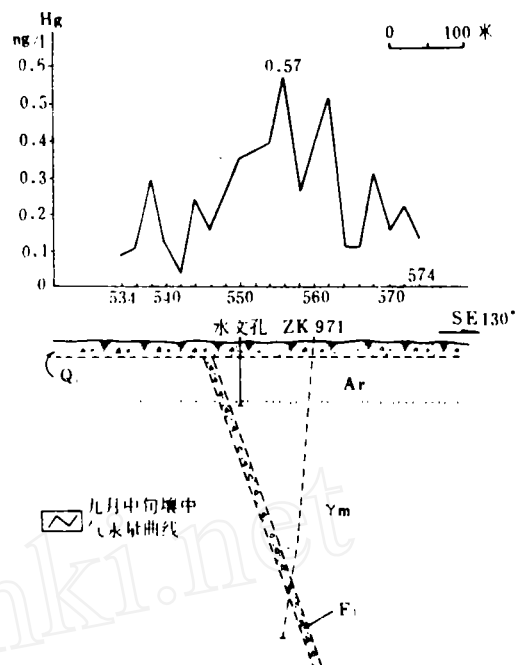


图5 西由沙岭地段A剖面壤中汞异常及钻孔设计剖面图
Q₄—第四纪堆积物; Ar—黑云母斜长片麻岩;
Ym—混合花岗岩; F₁—推断含矿破碎带

通过已知土壤剖面的试验,确定壤中汞气背景值为 0.035 ng/l ,异常下限为 0.07 ng/l 。在1-1线, I、II号矿体上均出现异常($0.07\sim 0.30\text{ ng/l}$),衬度值为2~8。异常峰指出矿体赋存部位(图3)。异常的多峰值特征,是含矿断裂带由多条金矿裂隙组成的反映。在象头山西侧圈出四个异常带。1号异常带,是已知的I、II号矿体的综合反映,从拐角状异常形态看,反映已知矿体在1线附近交汇尖灭,这已为钻探所证实。2号异常带形态似平放的漏斗,推断为III号含矿断裂带向西延伸之反映,后被1-1线的ZK 190孔打到2米厚的铜矿体所证实。

2.大栗子矿区 此铁矿区位于辽东台背斜,鸭绿江上游凹陷带。矿体产于元古界上辽河群大栗子组,该组由下而上分为七层,均含矿,主要由片岩、千枚岩、大理岩组成。东山区位于老岭

复背斜南东翼之次级向斜构造中。走向逆断层，横向正断层，节理、层理裂隙均较发育。区内沉积变质菱铁矿体呈似层状，主要产于峭壁大理岩中，矿体既受层位控制，又受褶皱控制，尤以向斜控矿最为明显。矿石矿物除菱铁矿外，还含少量磁铁矿、赤铁矿、团块状闪锌矿、方铅矿、黄铁矿等。盖层为千枚岩夹大理岩透镜体以及千枚岩夹薄层粉砂岩、大理岩，厚300~600米，常规化探没有找矿效果。

通过对已知剖面的试验，确定矿区壤中汞背景值为0.10ng/l，异常下限为0.20ng/l。如17线赋存在矿体上盘之1号异常，其浓度为0.40~0.70ng/l，衬度值4~7，异常较清晰，异常宽度与矿体向地表的垂直水平投影基本吻合。

应生产单位的要求，对17线的未知地段进行了汞气测量，发现了2、3号异常（均位于千枚岩夹薄层粉砂岩及大理岩之盖层中）。1978年经吉林治勘602队打钻，在峭壁大理岩中见到8.85米厚的菱铁矿体；在相邻剖面同一层位见到14米厚的菱铁矿体。

结 论

一、模拟试验表明，硫化汞和其他含微量汞的金属硫化物，在氧化钠（钾）、过氧化氢、变价铁、锰盐类介质溶液中，易氧化还原形成 Hg^0 及氯化汞等。 Hg^0 能以气态形式或者随水蒸发从液相、潮湿固相中转移到气相中形成汞气异常。此外，在常温常压下，各种含微量汞的金属矿物均能直接释放出汞蒸气。自然界促使含汞矿物转化迁移的介质，远比实验室条件下复杂而有利得多。可见，在实验室能观测到的汞源转化迁移之现象，在自然界一定也会发生。

二、典型矿床壤中汞气异常形成机理的试验，结果均表明壤中汞气异常来源于金属矿体，特别是金属硫化物；各类非矿化岩石及其风化土壤只能形成壤中汞气背景含量。这就是说，除干扰异常外，壤中汞气异常均是隐伏矿体、矿化体的反映。矿体氧化还原出的 Hg^0 和 $HgCl_2$ ，主要沿渗水的断裂向地表迁移，这与模拟实验结果是一致的。因此对断裂风化物（铁帽）及其围岩中 Hg^0 、全汞的对比研究，有可能区分含矿与非含矿断裂，达到圈定和评价含矿地段的目的。

三、各类金属矿床上的壤中汞的存在形式差异不大，主要由自然汞（ Hg^0 ）、氯化汞和氯化亚汞组成。含矿断裂上方土壤吸附 Hg^0 和 $HgCl_2$ （或 $HgCl$ ）的量远比非含矿断裂地段多。这就是壤中吸附相态汞测量的地球化学找矿理论依据。

四、在厚层外来堆积物和厚层基岩覆盖区，常规化探找矿效果不佳的情况下，利用壤中汞气异常评价结果，在寻找热液成因和沉积变质成因的有色或黑色金属矿床方面，均取得较显著的找矿效果。这无疑表明壤中汞气测量方法是具有坚实的地球化学找矿理论基础的。因此才能在厚层覆盖区显示出独特的找矿效果。

参 考 文 献

- [1] A. A. 萨乌科夫，汞的地球化学，谢学锦译，科学出版社，1955
- [2] H. A. 奥泽罗娃，汞的原生分散性，孟庆云等译，地质出版社，1976
- [3] 胡国廉等，汞的迁移转化和壤中汞气异常的形成，地质与勘探，1980，12
- [4] 常凤池等，应用热释法研究土壤中汞的存在形式，内部资料，1980
- [5] 中国科学技术情报研究所等译编，地理环境污染与保护译文集，1980，第八集

