

土壤热释法测汞及其地质效果的试验研究

江苏冶金地质814队 胡振清

为了探索厚疏松层覆盖地区的有效找矿手段,国内外对壤中汞气测量已开展了试验研究,并一致认为:汞是一种有效的探途元素。但在目前,还存在着异常重现性不理想,干扰因素较多等问题。究其原因,主要是壤中游离态汞不稳定所致。因此,近来有些单位开展了对土壤中较稳定的吸附态汞的研究(即热释法)。本文述及的是我们初步试验的结果,包括测试方法和找矿效果。

据R. J. 沃特林的试验得出的热释谱曲线和国内有关资料认为:不同相态的汞,有不同的热

释峰温区,其中吸附态汞的热释峰温区为100~150℃,与其他化合态汞的热释峰温区有明显差别。以这一物理特点为依据,我们开展了土壤热释测汞的试验,取得较好效果。

土壤热释测汞方法试验

将土样置于低温加热炉中(最高温度300℃),加热分解出吸附态汞,并抽气,使 Hg^0 被金丝管所吸附。再将金丝管置于高温炉中(最高温度840℃)脱汞,用原子吸收测汞仪测定(图1)。

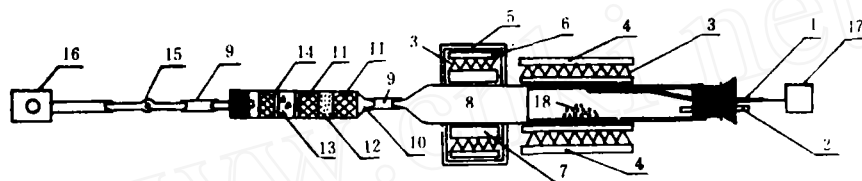


图1 热释测汞装置示意图

- 1—热电偶; 2—玻璃管; 3—电阻丝; 4—高硅
氧棉; 5—电炉外壳; 6—高硅氧棉; 7—炉芯;
8—石英管; 9—橡胶管; 10—玻璃管; 11—棉花;
12—碳酸钠; 13—硅胶; 14—测尘滤膜; 15—金丝
管; 16—大气采样器; 17—控温仪; 18—土样

我们共进行了六项试验:

1. 热释最佳温度的试验 目的在于确定提取有用信息——吸附态汞的最佳温度。

第一步,是将在已知矿体剖面上所采的土样,置于低温加热炉中,连续升温定温,按不同温度绘成剖面曲线图(图2)。从图2可以看出三种类型之曲线形态。即:第一种类型,加热100~110℃所获曲线,无明显的异常显示,说明 Hg^0 很少。第二种类型,加热120~160℃所获曲线,有明显的异常显示,不同温度下的异常形态基本一致,在矿体上方有明显异常。第三种类型,加热大于160℃时所获曲线,汞值高,整个剖面出现杂乱异常,这是络合汞和少量 Hg^0 的叠加产物。分析三种类型曲线,认为仅第二种类型曲线有找矿指示意义,故基本确定了吸附态汞的热释峰温区。

第二步,是从第二种类型的曲线剖面中,选出一定数量的异常样和背景样,并加热到不同温度下测试数据,结果如下:

①背景样曲线特征:加热100~150℃时,汞量释放很少,稳定在背景值0.5ng/g左右,基本为一平行线(相对横坐标而言),当加热>160℃时,汞开始大量释出,说明化合态汞开始释放。

②异常样曲线特征:加热120~160℃时,曲线上升快,峰值高,当温度继续增高到大于160℃时,含量上升更快,当温度大于160℃的曲线与背景样试验结果相似,说明高值汞峰反映的是与矿体无关的化合汞。

通过以上各类曲线的对比,可清楚地看出,与矿有关的吸附态汞的热释峰温区为120~160℃,再从峰温区中,找出背景样与异常样的释出 Hg^0

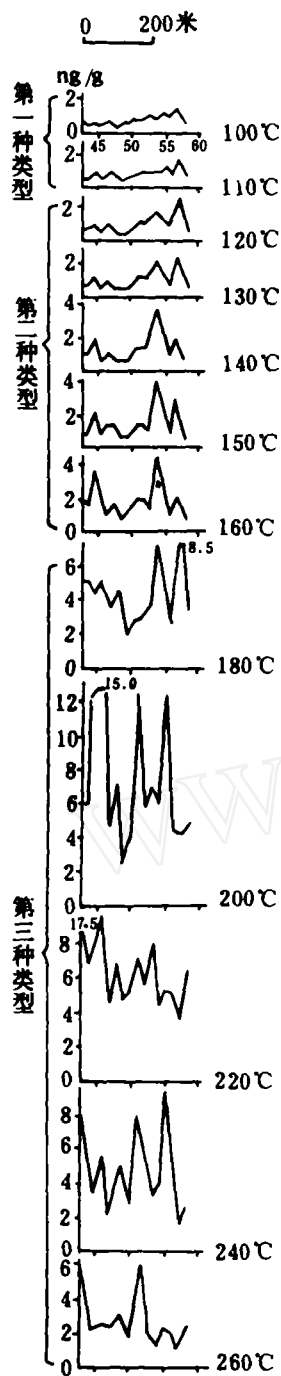


图2 江苏某铜矿7剖面土样热释汞连续升温测定示意图

量之差，即为衬值，其对应的温度为最佳热释温度。

用以上办法，确定了以下矿区土壤热释最佳

温度：

江苏某铜矿，为140~150℃；

江苏某铅锌矿，为130~140℃；

江苏某铁多金属矿，为140~150℃；

江苏某钨矿，为140~150℃。

2. 加热时间的试验 目的是了解在最佳温度下，加热时间的长短与释出汞量的关系。

选出有代表性的背景样和异常样，并将同一样品分为10份试样，分别在最佳温度下加热抽气1、2、3……10分钟，各测试一次，结果如下：

加热1~5分钟（个别4分钟），其释出汞量与时间成正比，即一线性关系。且加热5分钟释出量近似最大值。6~10分钟的释出量与5分钟的值差别不大。说明加热时间为5分钟即可。

3. 样品颗粒度的试验 目的是了解样品颗粒的大小与热释汞量的关系，以便确定加工样品的理想方案。其方法是土样加工过60目和100目的筛，用连续升温定温测定的方法测汞，其结果是100目样品重现性好。

4. 未加工样的试验 目的是了解野外采来的土样，在干燥和加工过筛的过程中，是否造成吸附汞的大量损失；另外，是否可直接用未加工样热释，以缩短工作周期。试验结果说明，从野外采来的土样，经干燥后，不经加工，可直接热释测汞，其结果作为提供及时的普查资料是可行的。同时，也证明经过加工后（与100目相比）的土样，其汞的损失量是小的，不影响地质效果。

5. 不同季节采样的对比试验 目的是了解野外不同气温条件下采的土样对热释测汞的影响，特别是冬季取样效果。在以下两个矿区进行了采样试验。

①在江苏某铅锌矿40剖面，第一次采样于1981年7月23日，中午室温32℃；第二次采样于同年12月13日，中午室温7℃，样品均加工过100目筛，加热130℃测汞，其结果见图3，异常形态基本吻合，仅冬季汞量略有降低。

②在江苏某铁多金属矿，分别于1981年11月16日（中午室温12℃）和同年12月7日（中午室温7℃）采样，均为冬季低温季节。样品均加工为100目，加热140℃，其测汞结果相似。

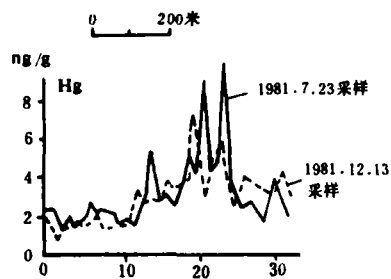


图3 江苏某铅锌矿40剖面不同季节土壤热释汞的对比

6.不同深度取样的对比试验 目的是研究土壤中吸附态汞的浓度分布情况,以了解最佳取样深度以及异常与矿的关系。此项试验,在江苏某铁多金属矿地表施工了一条长1280米的剖面,点距10~20米(矿体上方加密到10米),每个采样点分别在深30cm、60cm、80cm各取一样,加工过100目筛,加热140℃热释测汞,其结果见图4。从图中可以看出,矿体上方不同深度的汞的浓度曲线吻合较好,说明为生根异常,且异常强度在深部有增加的趋势(表1)。这一认识,也能从该矿区内夕卡岩上覆土壤中,不同深度的吸附态汞的浓度分布特征中得到进一步的证实(表2),

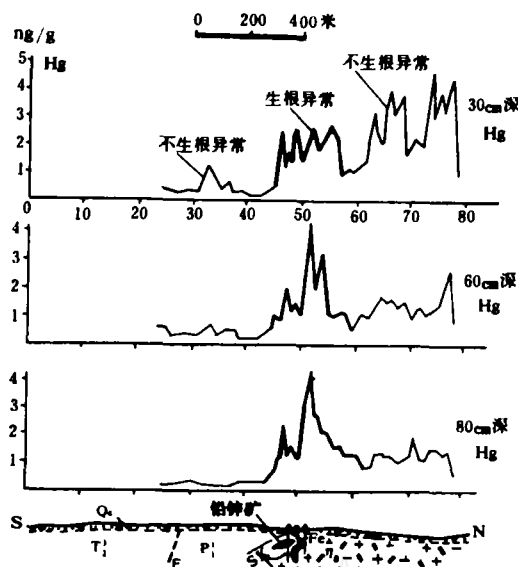


图4 江苏某铁多金属矿I剖面不同深度土样热释汞浓度曲线

Q₄—表土; T₁—砂页岩; P₁—灰岩;
η₀—石英二长岩; SK—夕卡岩

即:距夕卡岩愈近,壤中汞浓度愈高。这也反映了生根异常的特征,否则为不生根异常。譬如,同一条剖面中的32~34和61~78号异常,即属不生根异常(表1),其中61~78号异常,近地表

某铁多金属矿生根与不生根异常壤中不同深度的汞量统计表

表1

异常类别	样品数	取样深度(cm)	异常宽度(m)	异常最高峰值(ng/g)	异常平均值(ng/g)	背景值(ng/g)
生根异常 (46~59号)	18	30	260	2.7	1.81	0.5 ±
	18	60	260	4.7	1.51	0.5 ±
	18	80	260	4.5	1.63	0.3 ±
不生根异常 (61~78号)	17	30	320	4.8	2.91	0.5 ±
	17	60	300	2.7	1.35	0.5 ±
	17	80	280	2.0	1.25	0.3 ±

某铁多金属矿区夕卡岩上覆土壤热释汞结果

表2

点号	岩性	样品序号	取样深度(cm)	Hg(ng/g)	土样至夕卡岩深度(m)	备注
1	夕卡岩化大理岩	1	30	3.1	0.4	该区背景值为0.3~0.5ng/g,最高异常值为4.8ng/g
		2	60	3.2	0.1	
2	绿泥石夕卡岩	3	30	1.5	2.0	
		4	60	3.8	1.4	

样(30cm深)之异常峰值高达4.8ng/g,而往深部,异常则迅速消失了。据实地调查得知,该地段为棉田,当时所施农药赛力散(含2.55%醋酸苯汞)、西力生(含2.5%氯化乙基汞)均含有机汞,在土壤中转化为 Hg^0 被土壤吸附,故产生了干扰异常。另外,在该剖面中43~59号异常地段,地势低凹,常有积水。本次采样时,潜水面距地表约50cm,因此所取60cm、80cm深的土样都是浸在地下水中的,然而样品经晒干、加工过筛(100目)后,热释测汞结果,矿体上方之异常仍是清晰的。可见地下水对壤中吸附态汞并无明显影响,也说明吸附态汞在土壤中的存在是稳定的。

地质效果

土壤热释法测汞,通过对前述有关矿区内的试验,说明地质效果是好的:在已知矿体上方,均见明显的汞异常反映,且峰值高,衬度大。对异常分析如下:

1. 某铅锌矿区 40 剖面之汞异常(图5) 矿

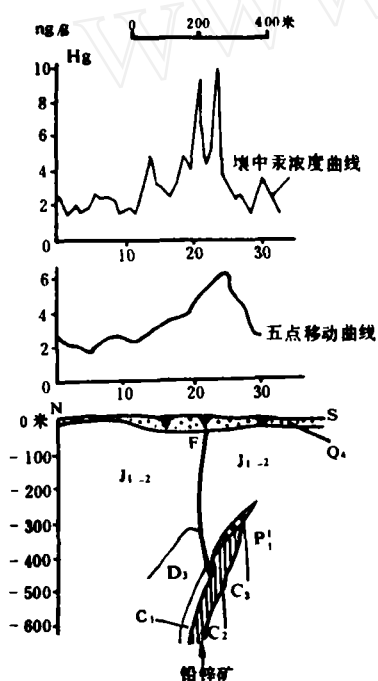


图5 江苏某铅锌矿40剖面土样热释汞剖面图

Q₄—表土; J₁₋₂—象山群; P₁—栖霞组; C₁—船山组; C₂—黄龙组;
C₃—高骊山组; D₃—五通组

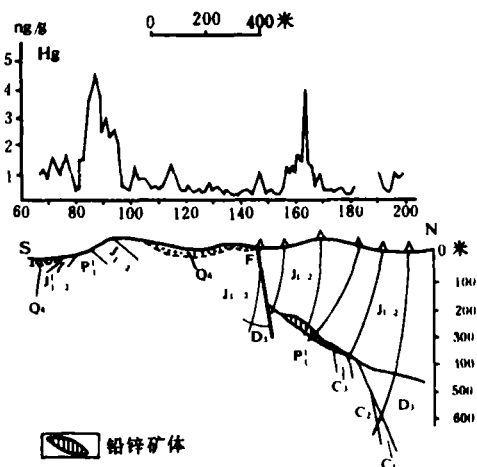


图6 江苏某铅锌矿150剖面土样热释汞剖面图
(图例同图5)

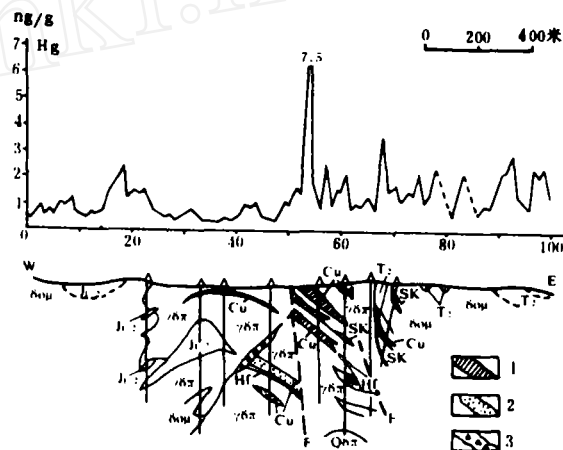


图7 江苏某铜矿7剖面土样热释汞剖面图

1—夕卡岩型铜矿; 2—斑岩型铜矿;
3—破碎带; J₁₋₂—象山群; T₂—上青龙群; $\gamma\delta\pi$ —花岗闪长斑岩; $\delta o\mu$ —石英闪长斑岩; Hf—角岩; SK—夕卡岩

体上方异常清晰,峰值高达10ng/g,衬度大,背景较低(1.5~2 ng/g)。

2. 某铅锌矿 150 剖面之汞异常(图6) 在已知矿体上方汞异常清晰,峰值较高,衬度也大,背景低为0.5ng/g。地质条件和矿床成因与40剖基本相同,仅矿体规模较小,故汞浓度较40剖为低。另外,该剖面70~97号异常地段,未经工程揭露,

深部情况不明,其已知的地质条件与见矿部位156~170号地段基本相当;同时又考虑到地表出露的象山群砂岩的影响(据奥泽罗娃认为,矿床晕内砂岩和煤有最高的汞含量),该地段异常可能是铅锌矿体或浅部矿化与砂岩的叠加产物。

3. 江苏某铜矿7剖(图7)及11剖的汞异常它们反映着以下几种情况:

①在夕卡岩型的铜矿体与矿有关的断裂带上方,异常反映清晰,峰值高达7.5ng/g,衬度大如7剖的50~70号异常地段。

②岩体与围岩接触带上的矿化和夕卡岩,汞异常反映清楚,但峰值略低。如7剖中的75~83号、90~100号异常。

③象山群砂岩(J_{1-2})上部有汞异常反映,这是多种因素的叠加异常。一是象山砂岩与岩体接触带上有黄铁矿化、硅化等蚀变;其次是砂岩的多孔隙性和裂隙发育,具备着对汞蒸气良好的吸附条件。

④在斑岩型铜矿上异常反映不太理想。这可能因酸性土壤不利于 Hg^0 的存在,并且,斑岩型矿石为细脉浸染状,可使汞晕过度分散,因而形成的汞浓度很低。为了证实这一判断,又在某斑岩型钼矿上作了两千多米长的测汞剖面。在斑岩钼矿上方(厚100米)壤中汞异常微弱,最高峰值仅为1.0ng/g,背景低至0.3~0.5ng/g,证实了这一判断的正确性。

4. 某铁多金属矿I剖面之异常 见图4中45~59地段的生根异常,在不同的三个深度的汞浓度曲线,形态基本一致。汞异常清晰,峰值高,衬度大,背景低。异常分为两个主峰,其中45~51号较低峰,主要反映下部铅锌矿体、铁矿体、夕卡岩以及二长斑岩与围岩接触矿化带;52~59号主峰异常,钻孔未揭露,推测为矿体和夕卡岩所引起的异常。该剖面其他地段的汞异常,经深部取样测汞,说明为不生根异常即假异常。

几点认识

1. 关于壤中汞异常特征 一般异常其形态特征是峰值多,呈高低不同的锯齿状。可分为:

①区域异常:异常范围宽广而分散,异常值

不高,其平均值相当于局部异常的下限值。区域异常包括局部异常,且主要反映着区域矿化特征。这一认识,也可以从奥泽罗娃所持矿床汞的原生晕,侧向分布超过2公里的想法得到印证。因为汞的原生分散晕直接影响着土壤中汞的浓度分布。研究区域异常,有一定的实用价值。它为普查时进行大间距扫面以圈定成矿区带提供了依据。

②局部异常:异常范围狭窄而峰值高,异常主要反映矿体、较强的矿化蚀变带以及与矿有关的断裂构造。局部异常分布于区域异常之中,因此可在普查圈定区域异常的基础上,布设小间距小面积的详查来圈定局部异常,以达到准确圈定矿体位置的目的。

2. 关于不同岩性与其上覆土壤中汞浓度的关系 一般说,沉积岩上覆土壤中汞浓度背景值低,火成岩上覆土壤中汞浓度相对高些(图4)。

3. 关于排除干扰异常 通过对疏松层不同深度的取样,进行热释测汞,有助于排除地表的干扰因素。

结 语

1. 试验证明,土壤热释法测汞,对寻找硫化物等矿床(斑岩型铜、钼矿床除外),以及与矿有关的构造带、矿化接触带、断裂、破碎带等效果明显,对有关的蚀变带(如夕卡岩)也有反映。因此,该方法可与其他物化探方法相配合,应用于厚疏松层覆盖地区的普查找矿和综合研究工作。

2. 土壤热释法所获得的壤中吸附态汞,作为找矿信息,前景是乐观的,且较壤中游离态汞性能稳定,受干扰因素影响较小。因此所获异常重现性好(表3)。

3. “有源”汞蒸气在上覆土壤中的吸附态汞,其垂直浓度分布是均匀的,且往深部略有增加的趋势。因此用不同深度取样测汞的方法可区别生根异常与不生根异常。受气温变化影响较小,工效高、成本低。

4. 不同矿种的上覆土壤,一般热释测汞温度如下:

铅锌矿130~140℃	铜矿140~150℃
钼矿140~150℃	铁矿140~150℃

土样热释汞重复测定合格率统计表

表 3

矿区及剖面	室内重复测定样品个数	野外重复采样测定个数	合格的样品个数	不合格的样品个数	合格率 (%)	检查量百分比	加热温度 (°C)	备 注
某铜矿 7 剖	45	—	34	11	76	45	100	样品 100 目
某铜矿 7 剖	45	—	34	11	76	45	130	样品 100 目
某铜矿 7 剖	45	—	39	6	87	45	160	样品 100 目
某铜矿 7 剖	49	—	43	6	88	49	140	样品 100 目
某铅锌矿 40 剖	9	—	9	0	100	22	130	样品 100 目
某铁多金属矿 I 剖	25	—	21	4	84	32	140	样品 100 目
某铅锌矿 40 剖	—	33	28	5	84	100	130	样品 100 目
某铅锌矿 40 剖	—	9	8	1	89	27	150	未加工样
某铁多金属矿 I 剖	—	22	19	3	86	28	140	样品 100 目

5. 取样方法及要求: 一般用小镐采土样, 深度 $>30\text{cm}$ 。当地表干扰严重时 (如深耕作层、撒过农药的水田), 则应用麻花钻取样, 一般取样深 $>50\text{cm}$ (视干扰情况而定)。加热抽气时间 5 ~ 6 分钟。

土样中禁忌混入杂草、树根、岩 (矿) 石碎屑等。土样经晒干、加工, 过 100 目筛为宜; 但作为及时提供的普查资料, 利用晒干 (或烘干) 而未经加工过筛的土样热释即可。

热释温度误差 $< \pm 3^\circ\text{C}$ ($< 3\%$)。

加热抽气时间误差 $< 15\text{秒}$ ($< 5\%$)。

样品重量误差 $< 5\%$ (试样重量要求取决于测汞仪的量程)。

此项试验工作的野外作业和室内仪器测定, 是由江苏冶金地质勘探公司 814 队一分队气测组陈学俊等同志完成; 工作中又得到孙祥利、金浚、濮顺德等同志的支持和帮助, 谨此致谢。

用因子得分集中化探找矿信息

云南省地质局物探队 阮文斌

以化探为手段寻找某些矿种时, 往往并不直接利用成矿元素, 而要选用一些间接元素作指示, 研究这些元素的组合特征、异常与矿的空间关系等, 同时要注意发挥不同元素的不同指示作用。显然, 分别说明这些化探异常的指示作用是困难的, 要清晰地表示它们就更困难了。因此, 寻求一个指示找矿的综合变量是十分必要的。因子分析, 是解决上述问题的一个适当方法, 现简述于后。

因子分析, 是将 R 个变量 Z_i ($i = 1, 2, \dots, R$) 表示成一组因子 $F_1, F_2, \dots, F_m; U_1, U_2, \dots, U_R$ ($m < R$) 的线性组合, 即

$$Z_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{im}F_m + C_i U_i \\ (i = 1, 2, \dots, R)$$

也就是说, 可以用较少的因子数去简化较多的变量数, 达到降维的目的。反过来, 因子分析也可

将因子表示成各变量的线性组合。诚然, 由于变量数 R 大于因子数 m , 因而这一问题只能在最小二乘意义下得出因子的估计式。主因子解的因子估计式为:

$$F = W^{-1} A' Z$$

式中 A 为因子载荷矩阵, $W = A' A$, Z 为标准化的数据矩阵。

利用上式可以算出每个样品在 m 个因子上的得分。由于因子分析结果中某一因子可能近似地代表了某一地质作用的过程, 那么, 选定合适的因子估计值就可以作为指示某一成矿作用的综合变量, 从而集中化探找矿信息, 清晰地表示矿与异常的关系, 指导化探找矿。

正是根据以上想法, 我们选择了某菱铁矿区化探的实例进行了试验。