

# 风成土或厚岩层覆盖区的汞气测量方法 及其寻找深部盲矿的效果

桂林冶金地质研究所化探室气测组

在风成土或厚岩层覆盖区,采用常规化探方法难以开展找矿工作。为解决此类地区寻找掩埋矿体或深部盲矿体问题,我们利用自制的仪器,于77年6~8月,与黑龙江冶勘706队协作,在八八一铜(钼)矿区进行了壤中气汞量测量试验。在已知掩埋铜矿上方的风积物覆盖层中,获得清晰的汞气异常;并在未知地段圈定矿化富集地段9处,经钻探验证,其中5处异常已见矿或矿化体。随后又与广西冶勘272队协作,在两江铜矿进行了试验。在已知盲矿体上方的盖层厚达100多米的情况下,仍获得较清晰的汞气异常,还在已知矿外围圈定赋矿地段3处,为勘探工程的摆布提供了依据,并已开始见矿。汞气测量的这一初步成功,扩大了地球化学找矿应用范围,使厚层覆盖区的找矿问题开始得到解决。但气测是一种新的找矿方法,因此还有许多问题,如工作方法、异常评价、形成机理以及进一步扩大找矿范围等,有待进一步试验解决。

## 一 矿区地质概况

### (一) 八八一矿区

位于大兴安岭海西褶皱带西缘,某复背斜南东翼次一级向斜构造中。地层为下石炭统火山喷发岩组合。矿区构造主要为北北东和北东向断裂。侵入岩广泛发育。花岗闪长岩为成矿母岩。热液蚀变主要为硅化、绢云母化、青盘岩化。铜钼矿化产于蚀变花岗闪长岩体中,受北东走向片理化挤压破碎带控制。矿体以似层状、透镜状为主。金属矿物有黄铜矿、辉钼矿、黄铁矿及少量斑铜矿、方铅矿、闪锌矿。

矿区为低缓山丘,比高约数十米。草原

景观。基岩露头较少,地表多为外来风积物所覆盖。覆盖层厚度一般在几到几十米,最厚达30米。风积物的分布因受西北风影响,一般沟谷厚,山脊薄;东坡厚,西坡薄。

### (二) 两江矿区

位于广西山字形构造前弧西翼,某背斜南西翼中段。区内出露地层主要为寒武系砂页岩夹多层碳酸盐岩(已知工业矿体主要产于该层)。上覆盖层为泥盆系莲花山组砂岩,其底部的石英砂岩有星点状铜矿化。火成岩不发育,仅见石英斑岩呈岩墙产出。东西向压扭性断裂为主要控矿构造。北东向张扭性断裂为部分石英斑岩和部分铜矿赋存空间。该铜矿床属热液充填型,严格受断裂构造控制。金属矿物主要由黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、黄铁矿组成,其次为斑铜矿、磁黄铁矿、毒砂等。围岩蚀变主要为硅化、黄铁矿化、绢云母化,其次为叶腊石化、绿泥石化。

矿区地形切割剧烈,沟谷发育,比高750米,一般坡度30~50°,故地表疏松堆积物多属残坡积、崩积物类型,一般厚0.1~1米之间,局部可达6米。由于地表疏松堆积物不发育,使壤中气汞量测量方法的应用受到一定限制。

## 二 工作方法简介

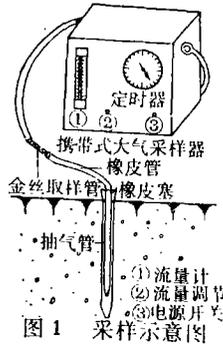
### (一) 野外采样方法

野外采样采用金丝取样管吸附壤中汞蒸气的方法。

1. 采样点距 根据矿床类型及矿化体规模大小而定。八八一矿区矿化带地段点距为10~20米,围岩地段点距30~40米。两江矿区,有望地段点距10米,其它地段为20米。

2. 采样装置 图1为采样示意图。

3. 采样步骤 用钢钎在土壤层中打一40~60厘米深的抽气孔, 随后立即将“L”型玻璃抽气管插入孔内30~40厘米, 用手挤压孔壁, 使孔壁与抽气管紧密接触, 以免大气进入孔内冲淡壤中汞蒸气浓度。将金丝管接入“L”型抽气管与采样器的抽气管道中。然后调整采样器的抽气时间及流量, 启动抽气泵采集壤中气样品。



样品带回实验室后, 最好当天分析。

4. 抽气流量及体积的确定 为提高金丝取样管对土壤中汞气的捕集效率, 经试验流量以0.5升/分为宜。壤中气采集体积的大小, 决定于仪器的检测极限和壤中汞气浓度的高低。我们在这两个地区的抽气量定为5升。

## (二) 仪器标定及分析方法

1. 仪器标定 仪器用已知饱和汞蒸气标定。饱和汞蒸气源的制备, 可用500毫升的盐酸瓶, 放入1~2毫升金属汞, 封存数天即可。标定仪器时, 用微量注射器抽取一定量(我们一般用0.4毫微克)的饱和汞蒸气, 直接注入仪器进气口标定所用量程。标定时应抽取饱和汞蒸气的体积数(毫升)可根据标定时的室温(℃), 从已知“0.1毫升饱和汞蒸气样品的标定曲线图”(图2)查出。通常需标定数次, 取其平均值, 按下列公式换算:

$$C_0 = \frac{C_x V}{N}$$

式中:  $C_0$ —格值当量;  $C_x$ —标定时的室温下, 1毫升饱和汞蒸气的汞量(毫微克);  $V$ —抽取饱和汞蒸气的体积(毫升);  $N$ —标定时仪表指针平均偏动格数(格)。

2. 样品分析 将金丝取样管(样品)插入管式电炉中, 金丝要置于电炉中心。一端插入仪器的进气口。将炉温控制在500℃左右。加热50秒钟, 然后将蒸馏出的汞蒸气抽入仪器吸收池进行分析。

在样品分析过程中, 每分析10~15个样品, 应对仪器标定检验1~3次, 随时监测仪器精确度的变化情况。

样品中汞浓度按下式计算:

$$C_x = \frac{C_0 N}{V}$$

式中:  $C_x$ —样品中汞量浓度(毫微克/升);  $C_0$ —分析条件下仪器的格值当量(毫微克/格);  $N$ —分析样品时仪器指针偏动格数(格);  $V$ —野外采集壤中气的体积(升)。

试验表明, 上述仪器标定和分析方法, 比较简便, 分析结果不受仪器灵敏度改变的影响。气测半定量分析是以能发现异常为前提的, 就此而言, 完全符合气测工作的要求。

## (三) 背景值、异常下限值及浓度带的确定方法

1. 背景值和异常下限 在八八一矿区根据穿过矿体的长剖面法确定, 背景值为0.012毫微克/升, 异常下限值为0.04毫微克/升。

在两江矿区根据非矿化地段样品的分析结果, 将基岩盖层的壤中气汞量背景值定为0.035毫微克/升, 异常下限值为0.07毫微克/升。

2. 数据处理 八八一和两江矿区的矿化带, 均由多条平行的含矿断裂带组成, 矿化极不均匀, 导致壤中汞气晕分布也极不均匀, 且不稳定。特别是高浓度的汞量异常, 严格受含矿裂隙的控制, 异常较窄。因此, 就本次试验采用的点距来说, 仍有可能漏掉有意义的异常, 同时, 变化幅度较大的观测结果, 给圈定矿化富集地段带来一定的困难。为解决这个问题, 我们采用三点移动均值方法对分析数据进行处理。

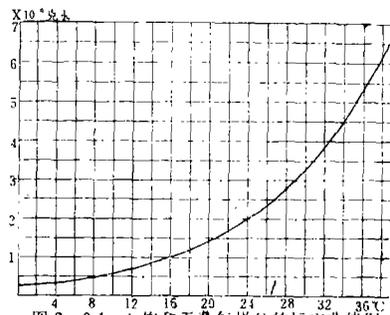


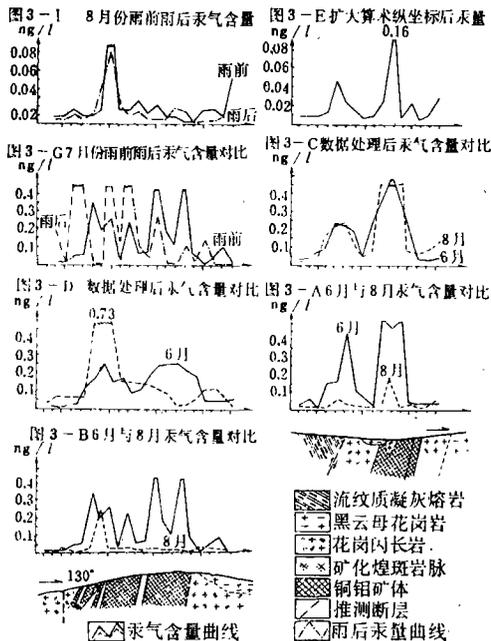
图2 0.1 ml 饱和汞蒸气样品的标定曲线图

3. 贫化系数(K)的确定 在八八一矿区对194和200号剖面进行了不同季节的重复采样试验,发现6月下旬的壤中气汞量浓度普遍比8月中旬高,浓度梯度变化也较大(见图3-A、B)。为了统一评价指标,必须确定8月中旬气测结果下降的幅度,然后乘以一个常数。这个常数,我们称之为贫化系数,考虑到各异常点的浓度变化较大,计算时采用几何平均值,将异常值和背景值的K值分别定为8和3。

不同季节的分析结果,经用贫化系数和三点移动均值处理后,基本上可采用统一的浓度带指标圈定矿化富集地段(图3-C)。

4. 浓度带 根据已知矿试验剖面的壤中气汞浓度和发育特征确定浓度带,目的是探索汞气浓度与矿体的空间关系,以便圈定未知区的矿化富集地段和对汞异常进行分级评价。所以,我们将所得汞异常划分为内、中、外三个浓度带。内带反映矿体或强矿化富集地段的中心,外带反映矿化,中带则介于二者之间。该三带的指示意义,以前者为主。

试验结果表明,分析数据按上述方法统计、处理后再圈定矿化富集地段找矿效果较好。



### 三 壤中汞气异常特点及其找矿效果

#### (一) 已知剖面的试验结果

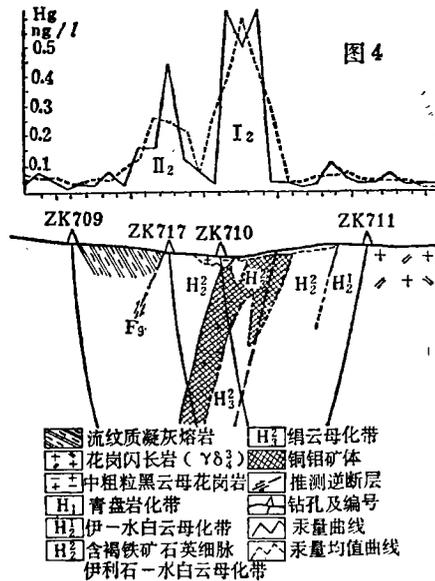
为了解外来堆积物和厚层基岩覆盖区汞气异常发育特征及其与矿体的关系,我们在八八一矿区的两条已知剖面进行了试验。在矿体和矿化体上方的壤中气中,分别发现浓度为0.48~0.60毫微克/升和0.06~0.48毫微克/升的汞气异常。该两异常均反映了矿体或矿化体赋存的地质部位(图4中I<sub>2</sub>号异常)。

异常地段汞量的标准偏差、变化系数均较大,分别为0.176毫微克/升或103.5%。这表明壤中汞气浓度梯度变化大,因而出现多异常峰的特点。上述特点,与含矿断裂由多条平行矿体或矿化体组成的特点是一致的。

图4的II<sub>2</sub>异常,位于一逆断层(F<sub>9</sub>)破碎带上方,最大峰值为0.42毫微克/升。F<sub>9</sub>逆断层位于蚀变花岗闪长岩与流纹质凝灰熔岩的角度不整合面上,属成矿前断裂,推测深部可能有铜(铅)强矿化体或矿体赋存。

通过试验,还了解到该区异常受下列因素影响:

1. 构造 该区火成岩与围岩呈角度不整合接触,围岩层理裂隙较发育,导致含矿热液沿构造裂隙向围岩渗滤、扩散。F<sub>9</sub>断



层上盘围岩中汞的局部弱异常，均是汞蒸气沿层理裂隙上升形成的。可见，构造裂隙是控制壤中汞气异常的重要因素。

2. 季节气候 壤中汞气浓度受季节影响较大，如8月中旬壤中汞气浓度比6月中旬低几倍，甚至几十倍（图3—A、B）。这可能是由于8月份昼夜温差变化大，导致土壤温度低于大气温度所致。

3. 疏松层厚度 由200号剖面可见，从山脊往下，随着土壤层厚度的增大，壤中汞气浓度也相应地增高（图3—D中的8月份曲线）。很明显，疏松层厚度小，对壤中汞气的聚集和保存不利，使浓度降低，因而土壤层太薄时，壤中汞气测量的效果不好。

通过试验，还发现雨前雨后壤中汞气浓度差别不大（图3—G、I）。这可能是由于该区土壤类型为风积粉砂土，毛细管发育，对雨水渗透性能好，不妨碍汞蒸气的上升。

在两江铜矿区已知的矿化富集地段，也进行了试验。在矿带上方的壤中气中，汞气异常值在0.07~0.60毫微克/升之间变化。强度较小，但仍较清晰，衬度值一般在2~6之间，最大为15。异常最大峰值，指示了矿体或矿化体的赋存部位。异常也具有多峰值的特征，反映了含矿断裂带是由多条含矿裂隙组成的。在矿体上盘一般出现弱而宽阔的汞异常，据此特征，可确定矿体的产状（图6）。

(二) 小面积生产性试验及其找矿效果

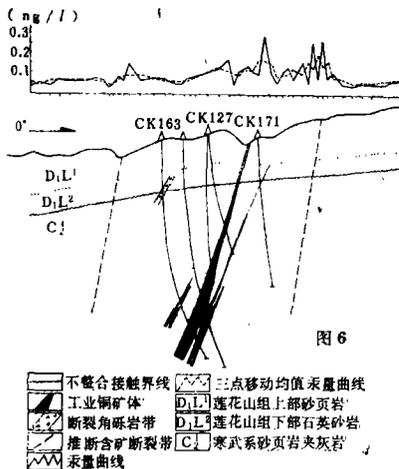


图6

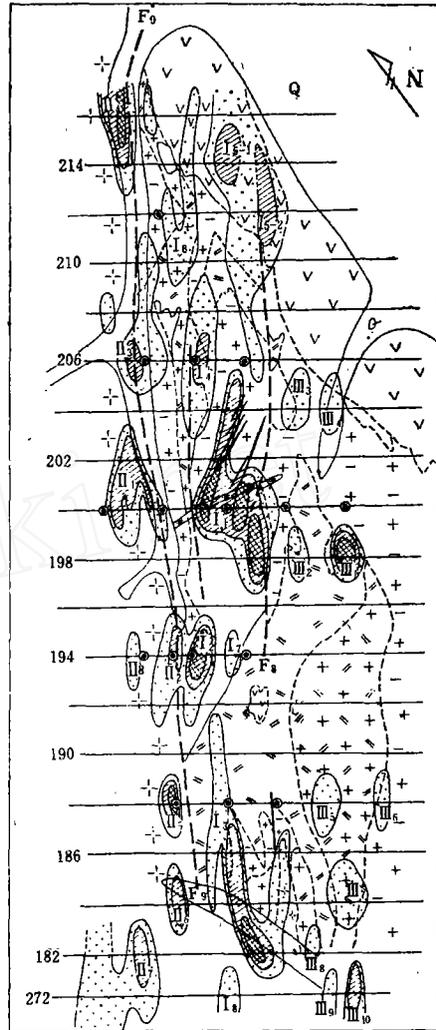


图5

为了进一步考验和验证已知剖面的试验结果，了解在厚层风积物掩盖和厚层基岩覆盖区的应用效果，我们分别在八八一和两江矿区作了小面积的生产性试验。

1. 在八八一矿区的试验 通过3.6平方公里的1/2万的壤中汞气测量试验，发现十几处与控矿构造带走向一致的，断续而有规律地分布的汞量异常（图5）。根据异常所处的地质条件及其发育特征，将异常划分为I、

II、III类，其中I类最佳，II类次之。

I类异常带（包括I<sub>1</sub>~I<sub>3</sub>号异常），分布在蚀变花岗闪长岩体北西侧，强烈片理化裂隙带上，其中I<sub>1</sub>~I<sub>3</sub>号异常区，为本区找矿的有望地段。

I<sub>1</sub>号和I<sub>2</sub>号异常分别反映了平行分布的或单一的含矿裂隙，内，中浓度带与地表已知矿化的宽度吻合。

根据异常特点，推断I<sub>3</sub>号异常可能为多条平行分布的含矿裂隙的组合反映，异常地段被10~20米厚的风积物所覆盖，经验证深部见到铜矿化体。I<sub>4</sub>号异常推断为单一含矿裂隙，异常地段被2~5米的风积物所覆盖，经验证，在30米和200米深处，分别见到45米（假厚度）和40米厚的铜矿体或铜钼矿体（写本文时，尚未得化验结果）。从矿体出现的部位来看，I<sub>4</sub>号异常可能是200米深处矿体在地表的反映。

II类异常带位于I类异常带的北西侧，恰好在岩体与围岩的角度不整合接触带上。II类异常无论在空间或异常强度上，均与I类异常密切相关，唯其浓度稍低。II<sub>2</sub>、II<sub>3</sub>号异常经验证，均在深部见矿。

2.在两江矿区的试验 在1~8-1线的范围内（工作前已打了若干个落空钻），为了了解含矿断裂带在盖层下的延伸情况，并圈定其矿化富集地段，以便为钻探工程的摆布提供依据，进行了0.8平方公里的生产性试验，在测区内，共发现4个异常带（图7）。据异常带所处地质部位、规模、强度等予测其有望程度。按次序编为1~4号异常带。

1号异常带为已知矿异常，呈V字形展布，是II号与I号矿带在1线附近交汇的反映。汞量中带向北东和向东延伸的两个分枝，基本上与I号和II号矿带吻合。浓集中心偏北，南侧异常较弱，反映了矿体产状南倾的特点。另外，中带还与盖层的断裂构造相吻合，反映了

后期构造的继承性。

上述1号异常带所反映的特点已为钻探证实。

2号异常带位于未知地段，推测是已知的IV号含矿断裂带沿走向向西延伸的反映。该异常带的特点是多浓集中心，可能与多条平行的含矿裂隙有关。其中2-1号异常是I号矿带南西端与东西向含矿断裂带交汇部位的反映。在地貌上与东西向沟谷基本吻合，反映了后期构造运动的继承性。经钻孔验证，已开始见矿。10-1线的CK22孔，在176米深处见到3.65米的铜矿体，推断是2-2号异常所反映的矿体向西的延伸部分。

3号异常带和深沟北侧的2-4号异常可能是同一含矿带的反映。由于深沟两侧地形陡，疏松物不发育，不利壤中气的聚集和保存，影响了壤中气汞量测量的效果，因而分为南、北两部分。该处异常是I号含矿断裂带向南东延伸部分的反映，推断在2~6线之间的深沟附近，有一个与1号矿体同类型的矿化富集地段。

4号异常带横跨两个不同时代的地层，此现象表明：基岩盖层中的汞量异常，确是下覆寒武系岩层中矿化富集地段的反映。

同时，从图7可以看出，落空孔基本上位于推测的非矿化富集地段上。2、3、4

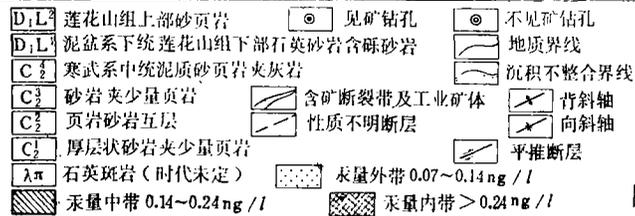
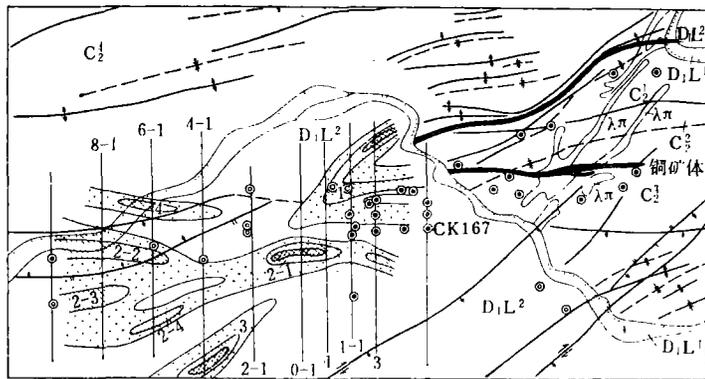


图 7

# 点源电场与线源电场的差异和转换问题

云南冶金地质勘探公司物探队 葛为中

直流电法勘探大都用点状电极供电和测量,地下是点源电场。由于点源电场的理论研究和模型实验比较困难,甚至无法开展,因而往往借用线源电场的理论计算(如保角变换)和模型实验(如二度电阻网络、导电纸)的成果,来解释野外实测的点源场资料。在点、线源电场中,同一地电体的异常形态在一定程度上固然相象,但由于两种场的分布规律有差别,致使在这两种场中测得的异常也有所不同。在进行推断解释,特别是在定量或半定量解释时,不可轻易忽视这种差异。

关于点、线源场地形影响的差异问题,何继善、周正秀曾讨论过(见《地质与勘探》,1975年8期),点源电场地形影响的理论计算也已基本解决(见《地质与勘探》,1977年2期)。本文针对点、线源场中某些二度地电体和地形有关理论公式及其视电阻率曲线,进一步探讨点、线源电场的差异和转换问题。

## 一 点、线源正常电场

在半空间均匀介质的水平地表上,有一点电源,其周围的等位面是一些同心半球

面,离电源距离R处的电流密度 $j = I/2\pi R^2$ 。而线电源周围的等位面是一些同轴半圆柱面, $j = I/\pi R$ 。两种电场的场强E、电位V和装置系数K的公式见表1。

表 1

	点 源 场	线 源 场
j	$I/(2\pi R^2)$	$I/\pi R$
E	$\rho I/(2\pi R^2)$	$\rho I/\pi R$
V	$\rho I/2\pi R$	$\frac{\rho I}{\pi} \ln\left(\frac{1}{R}\right)$
K	$2\pi \frac{AM \cdot AN}{MN}$	$\frac{\pi}{\ln\left(\frac{AN}{AM}\right)}$

从图1所示的电场强度E与R的关系曲线可见,随距离的增大,线源场强比点源场

衰减得慢。因为 $E_{\text{点}} \propto \frac{1}{R^2}$ ,  $E_{\text{线}} \propto \frac{1}{R}$ 。

在地表水平和地下介质均匀的情况下,用点、线源正常场中各自的K值,求得的电阻率相同。然而,在地面下有不均匀介质或者是地下介质虽均匀但地面不呈水平的情况下,两种电场的差异,并不因为采用各自的K值而消失。

## 四 几点认识

1.上述试验表明:研制的仪器设备和野外工作方法、测试方法,能初步满足这两个地区工作需要。

2.在厚层风积物掩盖和厚层基岩覆盖区,可利用壤中气汞量测量方法圈定含矿构

造,从而达到找盲矿的目的。

3.壤中汞气异常严格受构造裂隙控制,汞量分布极不均匀且不稳定,但汞量中带出现的部位,基本与矿体(矿化体)赋存部位吻合。矿体上盘的汞气晕较其下盘发育。据异常浓集中心(主要指中浓度带)的不对称性,可概略地判断矿体的产状。

4.壤中汞气浓度受许多因素的影响,其中控矿构造、季节气候和疏松层厚度的影响较为显著。特别是疏松层的厚度,若小于30厘米,则不利于壤中气汞量测量。