

259-264

# 地气测量的原理 及其在地质勘查中的应用<sup>●</sup>

p632.5

伍宗华 金仰芬 古平等

(地矿部物化探研究所, 廊坊 102849)

**摘 要** 本文介绍了金属气体和金属微粒的形成、地气流的垂向搬运以及内生金属矿床周围地气分散晕的广泛存在, 同时还介绍了地气测量在找隐伏矿和勘查运积物覆盖下的岩石类型的应用前景。

**关键词** 地气, 金属气溶胶, 地气测量, 找隐伏矿, 应用前景。

地质勘查, 找矿, 隐伏矿

地气测量又称综合气体测量, 它是研究地气流中气体和气溶胶组分的分布分配及其运动规律用于地质勘查的一门新兴学科。利用与矿床有关的特征气体组分进行找矿的思想, 首先起源于油气田上方油气苗所散发的特殊气味和汞矿床上方游离汞的存在。自本世纪 30—40 年代先后有 G. 劳伯梅(1929)、B. A 索科洛夫(1933)、萨乌科夫(1946)等学者分别提出用烃类气体找石油, 用汞蒸气找汞矿床。此后, 至 50 年代又开展了射气找铀矿的工作。七十年代加拿大巴林杰公司大规模地开展了气溶胶找金属矿的研究, 曾研制成空中和地面微迹系统。80 年代 Ю. С рысс 证实了金属矿床周围金属分散晕的普遍存在, 并研制成检测这类晕的地电化学方法。90 年代初, О. Ф 普吉科夫(1994)对气分散晕的形成机理进行了专门的研究, 他指出无论是高热条件下, 还是在常温状态下, 地气流均能对金属微粒进行近于垂向的迁移。

目前我国对地气测量的研究正在逐步升温, 研究用地气找矿的单位和人数在不断增多, 样品预富集和样品分析方法也五花八门。总的来说异常的重现性不能令人满意, 地气测量的基础理论和方法技术仍有待于进一步改进和完善。尽管如此, 大多数研究者一致认为, 地气测量在找隐伏矿和研究深部地质问题等方面具有极其良好的前景。

## 1 内生金属矿床周围的金属分散晕

这里所提及的金属分散晕是指岩浆上侵时, 金属组分从熔融体中分离出来, 呈气态金属或金属微粒向构造裂隙和岩石孔隙渗透和扩散所形成的分散晕。这种分散晕在时间上形成于矿体形成之前。晕中金属呈微粒、准气态、金属气体等形式存在, 而不是呈硫化物存在, 用肉眼和高倍显微镜均见不到金属组分的独立矿物。它是矿床原生晕的重要组成部分, 但与传统的原生晕的概念有着本质的区别。呈单质金属状态存在的分散晕是成矿早期阶段气体沉积的产物, 是后期成矿的重要金属来源。

为了证明成矿过程中金属气体沉积阶段的存在, 火法冶炼厂周围气态金属和金属微粒异常的存在是最理想的模拟试验。在高温冶炼炉中, 热稳定性低的金属组分可以呈气态和金属

● 本文为国家自然科学基金资助项目(49290100)研究成果。  
1995 年 11 月 23 日收稿。

微粒随烟尘向大气中扩散,随着扩散迁移距离的增大和温度的降低,在常温下可呈气态的汞,在近地面大气中形成汞蒸气的异常。图1是甘肃白银厂炼铜厂烟囱下方所形成的扇状金属异常和汞蒸气异常。大气中的汞异常( $Hg^{\text{气}}$ )与土壤中的汞异常( $Ng^{\pm}$ )基本一致。

地质工作者早就发现了内生金属矿床与各类岩浆热源体之间的密切关系,并试图用火法冶金的原理去解释各类金属矿床的形成。早在1970年,拉济乌斯(Лазинус, 1970)提出了关于汞矿床形成的升华理论。我国著名汞矿专家严钧平(1989)提出,在汞矿床形成的初期阶段存在着明显的汞蒸气沉积期。大量资料证明,无论是汞,还是其它高沸点金属,在纯热力的作用下,仅能生成金属蒸气,而不能生成金属硫化物,因而对金属气体沉积在形成过程中的作用,没有予以重视。

近几年来,美国斯坦福大学的地质学家在观察火山岩中的气泡时,发现气泡中含有比围岩高若干倍的金属元素,证明火山活动初期的岩浆中,有富含矿质组分的金属气体存在。H. A. озерова在对火山气样品的分析中,发现火山气中As、Sb的含量比大气中高2—3个数量级,铜的含量高1.5—2倍。我们在内生金属矿床周围同样发现了吸附态汞的普遍存在。我国著名原生晕专家徐外生在对浙江乌岙铅锌矿原生晕的研究中,发现Pb的富集是就地取材的,由于Pb在矿体周围的浓集,在浓集区的外围形成大片的亏损区(图2)。绝大部分内生金属矿床周围,蒸发晕、游离金属晕和元素分带序列的存在,是成矿过程中气沉积阶段存在的直接证据。

气体沉积阶段,在热源体上方沉积的金属组分和准气态组分,具有较强的活动迁移能力,在有利于热水溶液循环的条件下可进一步富集成矿。在地气流的作用下,可形成地气分散晕。

在表生过程中,随着矿床剥蚀深度的增大,金属硫化物被氧化,硫化物中的金属被还原,岩石中的气态包体遭破坏,吸附在岩石表面的金属气体和金属微粒开始脱附,使金属矿床周围的金属组分得到进一步的复活和加强,为地气流提供了大量容易搬运的气体组分和金属组分。

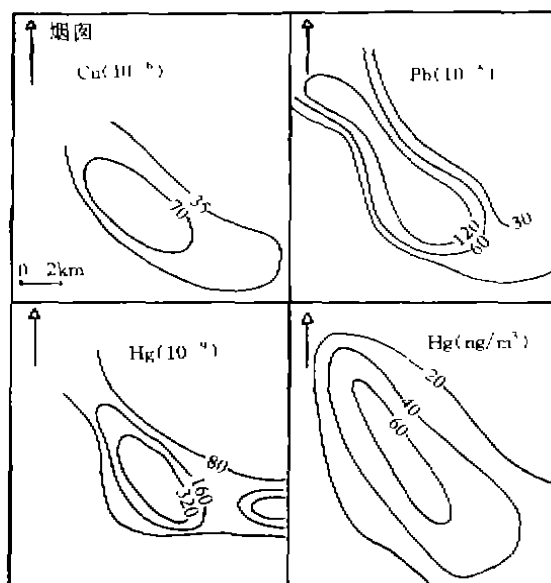


图1 甘肃白银厂炼铜厂周围金属微尘和金属气体的异常

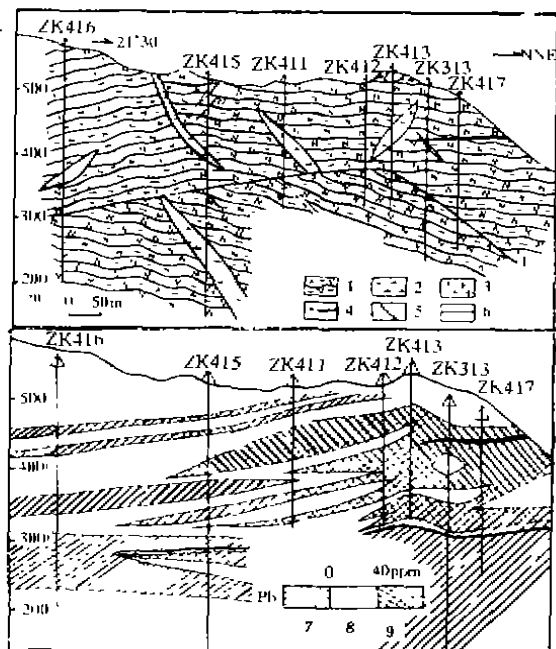


图2 浙江乌岙铅锌矿41线Pb浓度分布图  
(引自徐外生, 1985)

1—片麻岩、混合岩片麻岩; 2—闪长玢岩; 3—石英斑岩; 4—铅锌矿体; 5—黄铜矿脉; 6—断裂; 7—亏损区; 8—背景区; 9—浓集区

## 2 地气流的形成和对地球深部物质的垂向搬运

地球在长期的演化中,在热力、重力和其它营力的作用下,已分异成气圈、水圈和岩石圈。这种分异仍在继续,地球内部通过放射性元素的衰变、岩石老化、胶体岩化、有机质热解、地下水蒸发、火山喷发、油气逸漏和岩浆上侵等地质作用过程,不断向外排放各种气体。地球各圈层排放出来的气体,在强大的压力梯度、温度梯度和浓度梯度的作用下,呈微细气流或气泡流不断自地球深部向大气圈排放,便形成了各地普遍存在的地气流(图3)。地气流汇集了垂直方向不同气源体排放的气体,呈面流状向地表迁移,并在上升迁移途中与沿途的岩石、土壤、地下水、生物和气体发生多种多样的物理化学和生物化学作用。通过这些作用,地气流能将深部气源体的特征组分和上覆地质体的组分以及它们的衍生物带至地表。

地气流对物质的搬运与大气流对物质的搬运既具有许多类似的特点,又有明显的差别。它们的类似点,首先是搬运的物质具有多相性和分异性。其次是搬运的方向性和继承性。多相性系指被搬运的物质中固、液、气三相并存。分异性表现为不同物理化学特性的组分具有不同的迁移能力,在迁移途中按迁移能力大小次序沉积,促成了不同组分之间的分离。方向性和继承性,是指搬运的方向和途径基本是固定的。

地气流与大气流对物质搬运方面的表现在下列几个方面:

1. 地气流对物质的搬运是垂向搬运为主。大气流对物质的搬运是以水平搬运为主。

2. 地气流的搬运能力弱,仅能搬运容易搬运气体和气溶胶。大气流除能搬运气体和气溶胶外,还能搬运较粗大的固体颗粒,如风成砂等。

3. 地气流搬运的方向性和继承性明显大于大气流。

地气流的上述搬运特性,为研究不同地区地球深部的物质成分特征,特别是为运积物覆盖区找隐伏矿提供了一种新的途径。

## 3 地气测量及其在地质勘查中的应用

地质工作者通过研究不同营力对物质的搬运特性后,都相继研究出相应的找矿方法。如水系沉积物测量、水化学测量、重砂测量、冰碛物测量、植物测量、蚂蚁测量等。当地气流的普遍存在得到科学验证后,地气测量方法也随之而生。

广义的地气测量不仅仅是测量地气流中的气体组分,还应包括地气流所携带的气溶胶组分、固体微粒以及它们的衍生物。因此,地气测量要样品介质可以是气体和气溶胶,也可以是土壤(吸附气)和水(溶解气)等等。根据不同的地质任务,采集最佳的样品介质,用最先进的方法技术从中提取与深部地质构造和矿化类型有关的信息,是当前地气测量的前缘与热点。

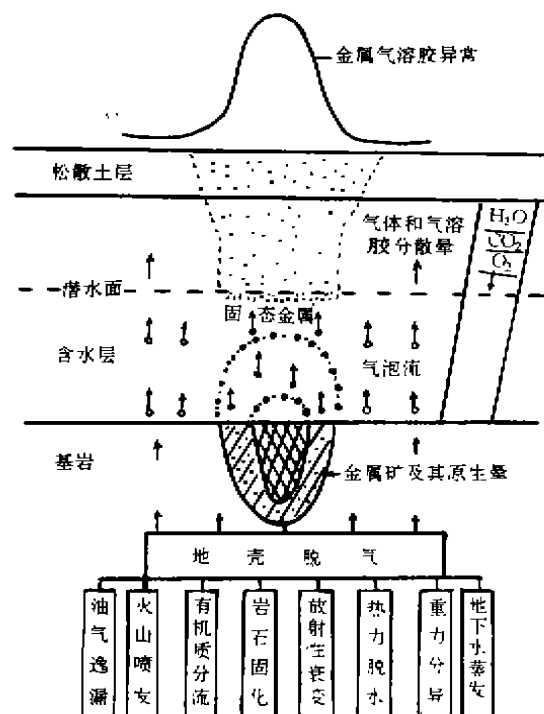


图3 金属气溶胶形成示意图

从目前情况看,地气测量在下列方面有较大的应用前景。

### 3.1 找隐伏矿

基于各种矿床中均含有特征的成矿元素和伴生元素,其外围又有上述元素的金属分散晕,地气能将这些组分带至地表,为找隐伏矿提供了最直观的找矿标志。

图 4 是内蒙柴火栏子金矿 15 线近地表土壤中气溶胶金的含量曲线。

从图 4 可以看出,该剖面的 SW 端有两段气溶胶金异常,与两个已知金矿化带的位置较为吻合。在该剖面的 NE 端发现了一处新的金异常,后经竖井查证,见到含金石英脉。石英脉厚 40cm,含金 3.8g/T。

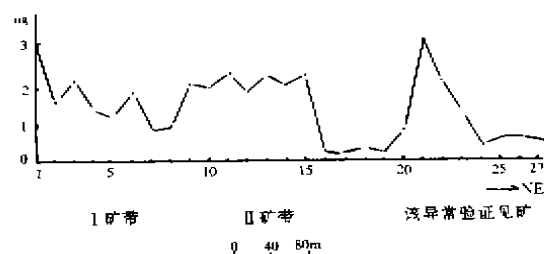


图 4 内蒙柴火栏子金矿 15 线  
气溶胶金含量曲线

### 3.2 推断运积层下的岩石类型

不同类型岩石往往具有特征的常量元素和微量元素组分特征,如超基性和基性岩通常含有较高的 Cr、Co、Ni、Cu 和 Pb 的微量元素。酸性火成岩中 Li、Be、Rn、Zr 和稀土等元素的含量较高。泥质和泥质碳酸盐岩石汞的含量一般较高。含碳质较高的岩石中 V、Mo、U、P、Cu、Ag 等元素的含量一般较高等等。从超基性到酸性火成岩 K、Na、Ca、Mg、Al、Si 等元素的含量也是具有明显差异的。这些具有差异的特征组分,一旦被地气带至地表,人们根据地气流中的组分特征,可直接推断松散层下的下伏岩石类型。

图 5 是叶县—南漳地学剖面上的 Zn、Co、Pb、Cr、Ni、Cu 的含量曲线。从图 5 可以看出,在宽坪群和二郎坪群等基性变质岩上方,上述元素有明显的峰值与之对应。宽坪群和二郎坪群的上方均有数米到数十米的运积物覆盖,因剖面的比例尺太小,无法标出。宽坪群和二郎坪群的位置是根据地质、地震和部分钻孔资料确定的。宽坪和二郎坪群之后的秦岭群、刘岭群和陡岭群等地层中,也出现有 Zn、Cr、Ni、Cu 等元素的异常,可能是反映了剥蚀区和沉积区之间的关系,表现在微量元素方面具有明显的继承性。

### 3.3 推断特征地质体的埋深

地下物质被地气流搬运的距离大小,除与地气流的动能外,还与被搬运物质的相态,密度和质量大小等多种因素有关。体积大密度也大的固体物质,最不容易被搬运,惰性气体能被搬运的距离最大。对于同种组分而言,随着离源区的距离增大,地气流中该组分的浓度逐渐降低。B. C 戈卢别夫(1977)曾用下式表达 He 的含量与垂直向上迁移距离之间的关系

$$C_{He} = K \cdot 10^{-5} / X^2$$

式中  $C_{He}$ —He 的异常含量; $X^2$  垂向迁移距离。

我们曾试图用沉积盖层的特征组分与基底的特征组分之比,用于推断沉积盖层底界面的埋深也获得了较为满意的结果。

Hg 是沉积盖层的特征组分,Rn 是酸性火成岩的特征组分,Hg/Rn 比值的变化可反映沉积盖层底界面的起伏变化,经与已知资料标定后,可转换成沉积盖层底界面的埋深。

图 6 是叶县—南漳剖面上 Hg/Rn(滑动平均处理)及推断的盖层底界面埋深曲线。所推断的盖层底界面埋深曲线与地质、地震和部分钻探资料所确定的底界面埋深曲线基本一致。

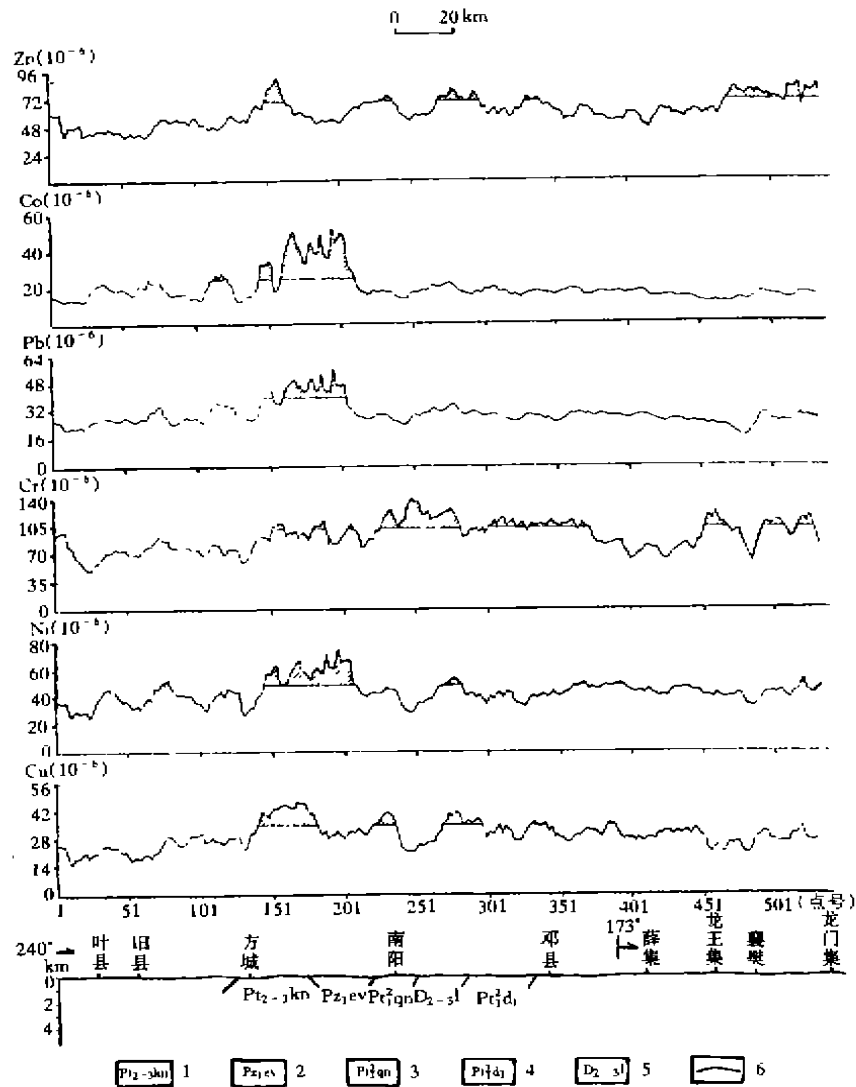


图 5 偏基性岩类上方的 Cr、Co、Ni 和 Pb、Zn、Cu 异常分布图

1—宽坪群; 2—二郎坪群; 3—秦岭群; 4—刘岭群;

5—陡岭群; 6—地质界线

#### 4 展望

据理论计算, 内生金属矿床上方可能有数百种不同的气体组分存在, 由于测试水平所限, 已往仅限于少数几种气体组分的测量。该方法除在找放射性矿和找隐伏断裂方面取得较大进展外, 在找金属矿方面总是步履艰难。近几年来, 金属气溶胶测量已取得了长足的进展, 大大增强了地气测量的直观性和有效性。迄今为止, 尽管地气测量的基础理论和方法技术仍需进一步改进和完善, 预计到 21 世纪初, 它将与物探方法一道, 成为找隐伏矿主要方法技术之一。

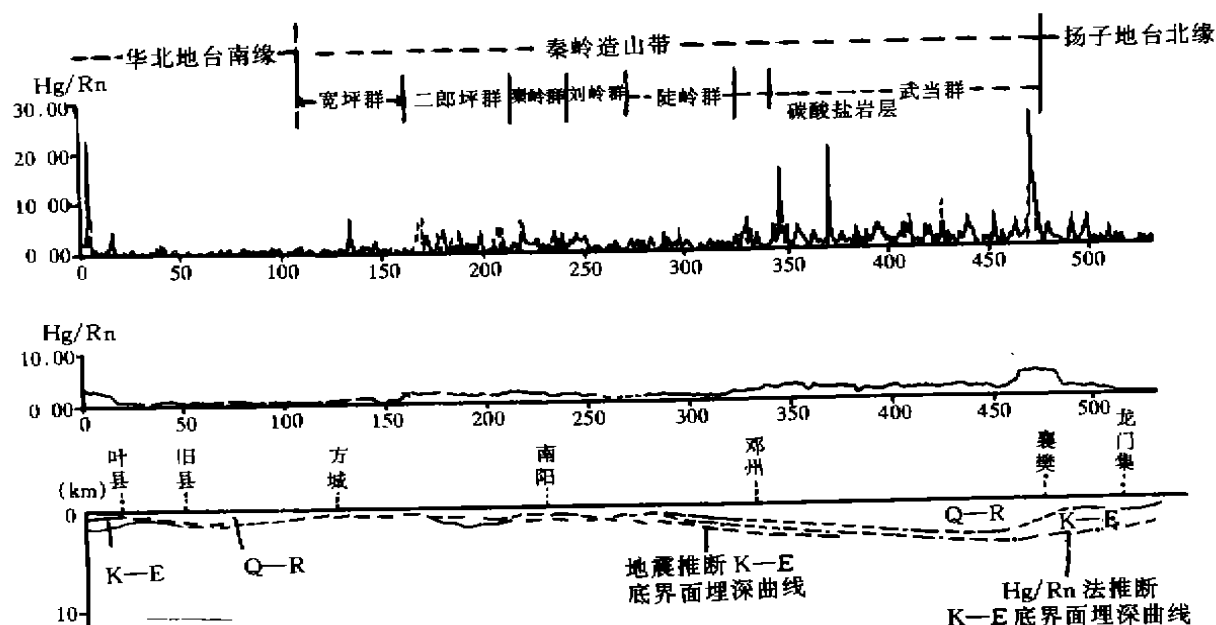


图6 叶县—南漳剖面 Hg/Rn 比值法推断的盖层底界面  
与地震方法推断的底界面埋深曲线对比图

### 参 考 文 献

- [1] 伍宗华、金仰芬、古平等, 汞的勘查地球化学, 北京:地质出版社, 191 页, 1994。
- [2] 伍宗华、金仰芬, 元素分带及其在地质找矿中应用的几个问题, 《物探与化探》, V. 17, No. 1, P7-13, 1993。
- [3] Путиков, О. Ф., Духанин, А. С., О ВОЗМОЖНОМ МЕХАНИЗМЕ ФОРМИРОВАНИЯ "СТРУИНЫХ".

## PRINCIPLES OF GEOGAS SURVEY AND ITS APPLICATION IN GEOLOGICAL EXPLORATION

Wu Zonghua, Jin Yangfen, Gu Pingdeng

(National Research Center of Modern Geological  
Exploration Techniques, Langfang 102849)

**Abstract** This paper has dealt with the formation of metallic gases and metallic particles, the vertical transportation of geogas current, and the extensive existence of geogas dispersion halos around endogenetic metallic deposits. A discussion is also given on the prospects of applying geogas survey to the prospecting of concealed deposits and the exploration of rock types beneath transported overburden.

**Key words** Geogas, matallic gas sol, geogas survey, prospecting of concealed deposit, prospects of application.

**第一作者简介** 伍宗华,男,1937年生,湖南涟源人,1962年毕业于北京地质学院化探专业,地球化学探矿教授级高级工程师。自1970年以来一直从事气体地球化学探矿工作,与有关同志一道著有“汞的勘查地球化学”、“汞矿石分析”等书。现任国家现代地质工程技术中心一部主任。