

# 寻找和识别隐伏大型特大型矿床的勘查 地球化学理论方法与应用<sup>●</sup>

王学求

(地质矿产部地球物理地球化学勘查研究所, 廊坊 065000)

**摘 要** 为了在广大覆盖区寻找隐伏大型特大型矿床的需要, 我们探索研制了能在短期内以较少的费用迅速覆盖广大覆盖区的能觉察地下深部发出的极微弱直接找矿信息的战略性勘查地球化学新方法—金属活动态测量和地球气微量金属测量。这两种方法在各种景观覆盖区被广泛地加以试验与应用。其结果表明: (1) 隐伏大型特大型矿床四周巨大的地球化学模式可以被各种营力搬运至地表, 地气对超微量金属的搬运是厚覆盖区隐伏矿床在地表形成叠加含量地球化学异常的主要原因。(2) 在覆盖厚度从几米至三、四百米都可以发现清晰的异常显示, 因此为厚覆盖区找矿提供了强有力的工具。(3) 地气与元素活动态不仅存在局部异常, 而且在大型特大型矿床四周存在区域异常和地球化学省, 用很稀的采样网就可以捕捉到这种大规模异常, 因此这两种方法可以应用于大面积覆盖区的战略评价中。(4) 地气和元素活动态所反应的指标和适用性在不同的景观、不同的矿床类型上是不同的, 应根据不同的条件选择应用最佳的方法指标。地气与元素活动态配合使用所获得的深部矿化信息更稳定更可靠。(5) 利用元素活动态可以近似定量估计或预测可被成矿利用的金属供应量, 据此推测某一地区潜在的资源储量。

**关键词** 勘查地球化学新方法, 隐伏区, 大型特大型矿床。

## 0 绪言

随着我国出露区矿产资源的枯竭, 加强隐伏区找矿, 特别是寻找能对国计民生产生重大影响的超大型矿床已是当务之急。但超大型矿床在很大面积才有一个产出, 并且往往都是隐伏矿。在地质资料缺乏、地球物理手段和常规化探方法无法奏效的大面积覆盖区, 找寻巨型矿不仅难度很大, 而且费用昂贵。根据 Mackenzie 和 Doggett<sup>[1]</sup>对澳大利亚资料的统计找到一个巨型金矿需投入 1 700 万澳元(相当于 9 700 万人民币), 找到一个巨型贱金属矿需投入 21 900 万澳元(相当于 125 000 万人民币), 就我国现有的财力是难以承受的。并且根据 Mackenzie<sup>[2]</sup>的统计西方国家找到一个有经济价值的矿床平均概率只有二十分之一。由此可见, 发现超大型矿床的概率将会更低。因此, 要提高发现超大型矿床的概率, 降低勘查风险, 应研制在短期内以较少的费用在广大覆盖区能觉察地下深部发出的极微弱直接找矿信息的勘查地球化学新方法, 以便迅速掌握全局和对我国大面积覆盖区哪些地方最有可能找到超大型矿床作出客观的直接评价, 然后再选择最有利区域, 逐步缩小靶区, 直至最后圈定矿体。本文主要阐述了利用勘查地球化学新方法寻找大型特大型矿床的思路、理论和方法, 以及在大面积覆盖区的部分

● 本文为国家“八五”重点科技攻关项目《利用超低密度化探方法和激光单原子等分析技术寻找大型特大型金矿的探索研究》和攀登计划 B85-34-07 课题《寻找大矿富矿地球化学方法研究》的部分成果。

1996 年 11 月 15 日收稿。

应用实例。

## 1 理论与方法

### 1.1 大型和特大型矿床存在巨大的物质供应

巨型矿床不仅与一般矿床的地质特征没有什么差异,而且有的巨型矿床呈“点型”分布,独一无二产出(涂光炽, 1989)<sup>[3]</sup>。故通过解剖已知巨型矿床建立找矿模型,并以此寻找未知的巨型矿床是很难奏效的。但有一个事实是巨型矿床都存在成矿物质的巨大供应。Sillitoe 指出:“对矿床所在地点存在特大数量供应的金是形成巨型金矿的基本要求”(Sillitoe, 1993)<sup>[4]</sup>。“但问题是我们需要大量事实与科学依据来证实这一经验式真理,以及需要找到一些方法能够估计出成矿物质的供应量,这样就可以预测在什么地方最有可能找到巨型矿床”(谢学锦, 1995)<sup>[5]</sup>。

### 1.2 大型和特大型矿床存在套合的地球化学模式谱系

根据过去近 20 年地球化学填图,特别是中国区域化探全国扫面计划所取得的成果,发现在大型特大型矿床周围存在一系列套合的地球化学模式谱系(谢学锦, 1993)<sup>[6]</sup>。从面积不到几平方公里的局部异常,几十至几百平方公里的区域异常,几千至上万平方公里的地球化学省,甚至十几万至几十万平方公里的地球化学域。这种套合的地球化学模式谱系正是巨大物质供应量的表现。从获得的资料证明在大型特大型矿床四周至少存在着三层套合的地球化学模式谱系,即局部异常、区域异常和地球化学省;而中小型矿床只存在局部异常,最多存在几十平方公里小的区域异常。对大型特大型矿床四周那些巨大的地球化学模式可用极稀的采样网将其捉住。

### 1.3 套合的地球化学模式谱系可以被运移至地表形成叠加的模式谱系

区域化探所发现套合的地球化学模式是通过水系沉积物采样在出露区或半出露区获得的。这种大型特大型矿床周围套合的地球化学模式谱系能否被运移至地表,在地表各种次生介质中形成叠加的地球化学模式谱系是能否发现隐伏大型特大型矿床的关键。近年来的研究表明隐伏大型特大型矿床四周巨大的地球化学模式可以被各种营力,包括地下水循环、离子扩散、毛细管作用、电化学梯度、植物作用和气体搬运至地表疏松沉积物中形成叠加含量异常模式。地气对超微量金属的搬运是厚层覆盖区深部隐伏矿床在地表形成叠加含量地球化学异常的主要原因。这种超微量金属可以是离子、原子、原子团、分子团、胶体,或亚微米和纳米级的金属颗粒。

### 1.4 深穿透地球化学方法

为了发现隐伏区叠加的地球化学模式谱系,就必需建立非传统的勘查地球化学理论体系,研制特殊有效的新方法,选择特殊有效的采样介质,使用灵敏度极高的分析技术,才能使这些深部的异常模式在地表得以显现。为此我们一直努力去建立和研制能觉察地下深部发出极微弱直接找矿信息的勘查地球化学新理论和新方法——深穿透地球化学方法。

#### 1.4.1 地球气中超微量金属测量方法——地气测量法(NAMEG)

基于地球深部存在上升的气流,当上升气流经过矿体及其所形成的高含量地球化学块体时,将把成矿元素及伴生元素的活动态部分(纳米级颗粒、胶体、离子和各种络合物)带到地表。因而采取气体样品,分析气体中金属元素含量就会指示深部矿体的存在。据此我们研制了捕集地气中超微量金属的快速动态采样技术(NAMEG—collection of nanoscale metals in earth-gas)<sup>[7][8][9]</sup>,使得这一技术在区域上的大规模应用成为现实。

1.4.2 地表疏松沉积物中金属活动态测量方法——金属活动态测量法(MOME O)

地下深部成矿元素和伴生元素可以通过各种途径:地下水循环、离子扩散、毛细管作用、电化学梯度、植物作用和气体搬运被运移至地表,但对于厚层运积物覆盖区和后来沉积岩或火山岩盖层区,地气搬运可能起着主导作用。在地表被各种天然捕集物质,如可溶性盐类、胶体、粘土、氧化物和有机质所捕获。使用超低密度采样方法、采取地表疏松介质、提取金属活动态部分,这种大规模的异常就会得以显现。据此我们已研制出金属活动态提取技术(MOME O—leaching of mobile forms of metals in overburden)<sup>〔7〕〔8〕〔9〕</sup>。

1.5 从战略至战术逐步缩小靶区

在大面积覆盖区要达到快速而有效的寻找大型特大型矿床,应遵循由战略至战术逐步缩小靶区的原则。战术性方法只适用于小面积上工作,这种小面积的测量无法掌握全局,更无法判断小面积内的局部异常是由大矿引起还是小矿所致。因为在局部上大矿与小矿的异常模式没有什么差异。而战略性方法可以迅速对全局作出评价,圈出最有利的大型矿床的战略靶区,再逐步缩小范围,用战术方法进行追踪与定位。

2 试验与应用

我们利用上述理论方法与思路在一些超大型矿床,包括乌兹别克的世界级穆龙套金矿、澳大利亚的世界级奥林匹克铜铀金银矿和我国的胶东金矿田进行了一系列的试验研究。在此基础上,在我国的一些未知不同景观覆盖区进行了超低密度测量的应用。这些地区包括山东全省,安徽省长江以北冲积平原,新疆沙漠戈壁覆盖区,桂西喀斯特地区,川西北若尔盖草原。采集了共5 000多件样品,获得了10万多个分析数据。在覆盖区发现了新的大规模异常10余处,小规模异常若干处,其中在检查的3处异常中,有两处异常经地表工程和钻探验证已发现金矿体,但大部分异常详查工作还没进行。

表1 战略地气与金属活动态测量工作一览

工作区	覆盖类型	工作面积 或测线长度	采样密度	矿床类型	圈定新的 战略靶区	初步查证结果
山东全省	运积物	160 000 km <sup>2</sup>	1/(800 km <sup>2</sup> )	大型特大型金矿	4	查证1处,浅钻见蚀变,不够品位
穆龙套金矿	戈壁与沙漠	2 000 km	1/(10 km)	特大型金矿	1	未查证
奥林匹克坝	热带深风化壳	2 500 km <sup>2</sup>	1/(70 km <sup>2</sup> )	世界级 Cu U-Au-Ag 矿	1	未查证
安徽北部	运积物	90 000 km <sup>2</sup>	1/(400 km <sup>2</sup> )	未知区	2	未查证
川西北草原	高寒草原	30 000 km <sup>2</sup>	1/(300 km <sup>2</sup> )	未知区含有已知金矿	2	查证1处,钻探发现金矿体
桂西西北	喀斯特	20 000 km <sup>2</sup>	1/(100 km <sup>2</sup> )	未知区	2	查证1处,地表工程发现两条金矿体
南疆	戈壁、沙漠	2 500 km	1/(10~50 km)	未知区	2	未查证中国东西向
南北大剖面	各种景观	9 000 km	1/(50 km)	穿过已知和未知区		未查证

2.1 在冲积平原山东全省的试验与应用

胶东地区是我国目前最为重要的金矿成矿区,全国已探明的8个特大型金矿中,该区就占了5个。山东省约有80%的面积被运积物覆盖,这是我们利用战略性地球化学新方法寻找大型特大型金矿试验的理想选区。1994年,我们对山东全省16万 km<sup>2</sup>的面积进行了战略性地

气与金属活动态测量,共布置 211 个采样点位,平均采样密度约 1 个样/(800 km<sup>2</sup>)。地气样品使用动态采样技术采取,利用中子活化分析技术分析了 Au 等 20 余种元素。金属活动态测量样品采自 A 层底部的土壤,提取了水提取、吸附及可交换、有机质结合金属,分析了 Au 等 7 个元素。

地气中的 Au 在全省的分布(图 1)表明,背景值为 0.2 ng,用 0.3 ng 做异常下限圈出两条北北东向分布的地球化学省。东部的异常面积达 15 000 km<sup>2</sup>,从胶东西北部沿郯-庐大断裂两

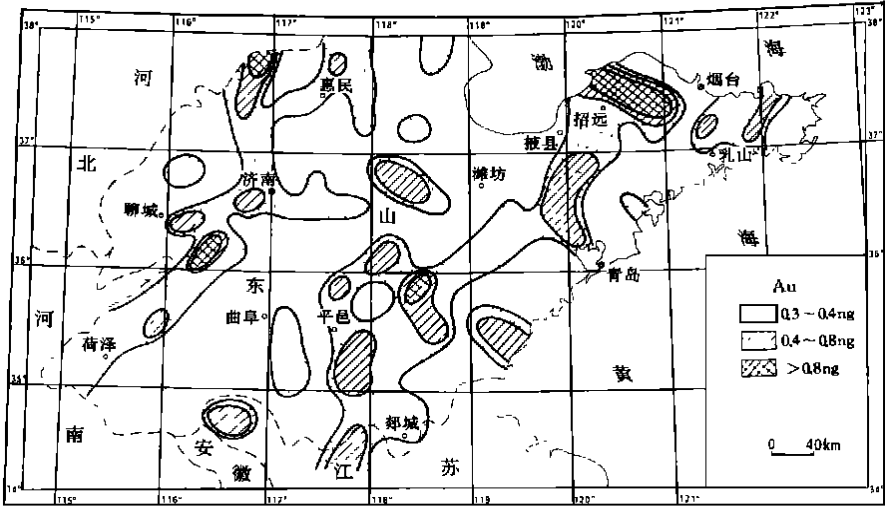


图 1 地气中金在山东全省的分布

侧一直延续到江苏省境内。异常上半部分位于郯-庐断裂东侧,下半部分位于郯-庐断裂西侧。西部异常面积约 10 000 km<sup>2</sup>,基本上与聊-考断裂分布一致。用 0.4 ng 做异常下限在这两个地球化学省内圈出若干个串珠状区域性异常,其中尤以胶东西北部异常规模和强度最大。

金属活动态水提取金的分布结果(图 2B)表明,在山东省共发现 4 处大规模的区域金异常,我们分别称之为:胶东异常(Ⅰ),平邑异常(Ⅱ),梁山异常(Ⅲ)和惠民异常(Ⅳ)。其中胶东异常和平邑异常是含有已知大型金矿床(田)的异常。惠民异常和梁山异常是新发现,其成因有待进一步研究。平邑异常(Ⅱ)包含已知的大型归来庄金矿,是由已知矿引起的。由于该区的薄层覆盖影响了区域化探的效果(图 2A),而利用金属活动态测量方法很好地圈出了这一异常。胶东金属活动态 Au 异常面积最大,用  $2.0 \times 10^{-9}$  作异常下限圈出的面积约 9 600 km<sup>2</sup>,异常强度也最大。该异常呈北东-南西分布,已知的胶东几个大金矿全落在该区域异常的北半部,而异常的南半部延伸进入未知覆盖区。水系沉积物测量的金异常

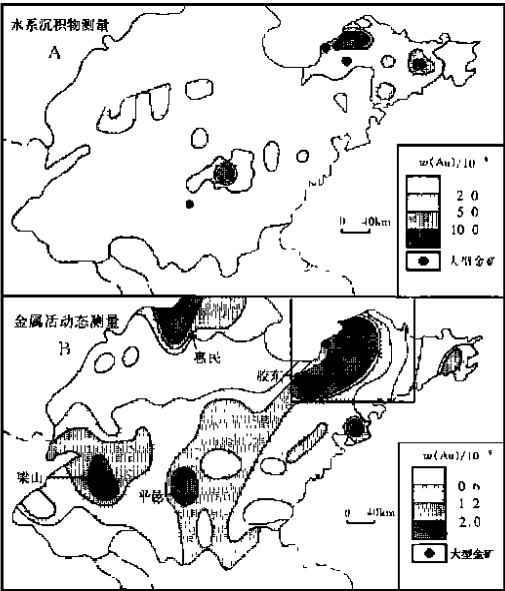


图 2 山东水系沉积物测量与金属活动态水提取测量结果

落在该区域异常的北半部,而异常的南半部延伸进入未知覆盖区。水系沉积物测量的金异常

只在胶东西北的出露和半出露区有较强的异常(见图 2A),而在南部的运积物覆盖区无异常显示。这明显提示了胶东找金应向南半部发展,异常的南半部应是胶东今后找金的重点地区。

同时我们发现活动态金用  $1.2 \times 10^{-9}$  做异常下限,圈出一条沿郯-庐断裂呈 NNE 分布的异常带,但该异常带的浓集中心却位于郯-庐断裂两侧的次一级构造中,这可能表明郯-庐断裂是金从地球深部运移的原始通道,但成矿却位于次一级构造中。

2.2 在沙漠覆盖区穆龙套金矿的试验

穆龙套金矿位于乌兹别克斯坦西部克孜勒库姆沙漠腹地。该区还有考克巴大司金矿、大乌兹套金银矿和阿玛大伊金矿,共计金储量达几千吨。金矿位于南天山海西地槽带,矿体产于穆龙套背斜中。容矿围岩为一套沉积带有轻微变质的含碳质黑色页岩,与我国新疆广泛分布的志留系、泥盆系到石炭系地层非常相似。矿石矿物主要是黄铁矿和毒砂。矿体含金品位不高,以大面积的网脉矿化为主。矿体与岩体界限不清,肉眼无法辨认,只有通过系统取样才能圈定出赋存于地表 200 m 以下的具工业品位的矿体。

我们在这里沿公路布设了两条近十字交叉的长剖面,并在穆龙套金矿周围布置若干条短剖面,总长达 1 000 km。图 3 是通过穆龙套金矿和考克巴大司金矿的 NNW 向 400km 长剖面的地球气和活动态 Au 测量的剖面图,水提取 Au、吸附态 Au、地球气 Au 和金属活动态累加 Au 在穆龙套金矿上方都有很强的异常显示,在考克巴大司上方也有非常一致的异常显示,强度相对弱于穆龙套。另外在穆龙套金矿南约 60 km 处有很好的异常,是一个非常好的找矿远景区。

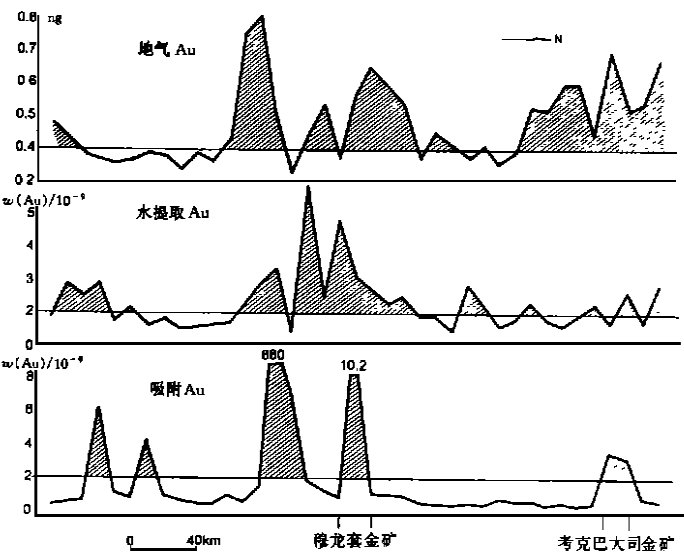


图 3 穿过穆龙套金矿剖面的地气和金属活动态测量结果

以上的结果可以看出,地球气测量技术在这种景观条件下的应用效果是非常显著的。综合起来看,地球气纳微技术和金属活动态测量技术的吸附态金属测量和水提取金属测量在穆龙套地区的应用效果是显著的,三种方法组合是类似景观条件的首选技术测量手段。

2.3 在热带深风化壳覆盖区奥林匹克坝的试验

奥林匹克坝巨型 Cu-U-Au-Ag 矿床埋深 300 余米,其上方不仅被成矿后的厚层沉积岩所覆盖,而且地表又发育有深风化层和沙漠盖层,这种巨厚盖层掩盖了矿化信息在地表的任何显

示。我们与西方矿业公司合作,于 1995 年在奥林匹克坝外围 3 000 余平方公里内进行战略性 NAMEG 与 MOMEQ 测量,采样密度大致为 1 个/(60 km<sup>2</sup>)。图 4 给出了部分地气和金属活动态测量结果。在厚达 300 余米巨型矿床上方,发现明显的 Cu、Au、Hg、Ir、Ta 异常。深穿透的地球化学方法可以取得深部矿化的直接证据,这就可以大大减少根据地质与地球物理间接证据来预测的不肯定性,并增强决策者的信心。

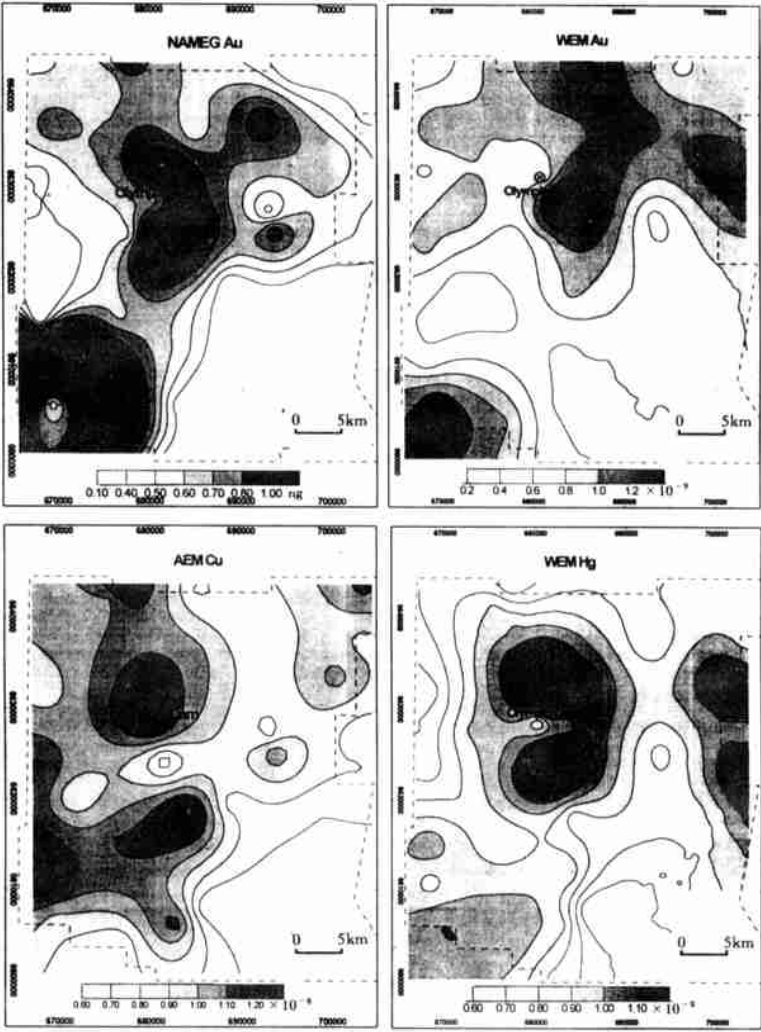


图 4 奥林匹克坝矿床周围地气与金属活动态测量结果  
NAMEG—地气金属; WEM—水提取金属; AEM—吸附金属

2.4 在川西北若尔盖草原覆盖区的应用

中国的川西北若尔盖地区属高寒沼泽草原区,土壤中有有机质含量很高。1:20 万水系沉积物测量只在草原区外围的山区进行,由于该地区独特的地理景观使水系沉积物测量受到了限制,影响了地球化学填图的结果。在东北寨大型金矿的外围水系沉积物金异常规模小、强度低,因此东北寨金矿的发现曾被作为弱异常发现大矿的典型。我们进行战略性地球化学填图试验的范围是北纬 32°40′以北约 30 000 km<sup>2</sup> 的面积,采样密度为 1 个样/(300 km<sup>2</sup>),样品采集 A 层底部土壤。我们对土壤样品提取了水提取态、吸附态、有机态三个活动态,并分析了 Au、

Ag、Cu、Pb、Zn、Fe、Mn、As、Sb、Hg。

图 5 是金属活动态测量有机质结合态 Au 地球化学图, 从图中我们发现东北寨金矿外围有非常强, 且规模较大的有机质结合 Au 异常, 异常衬度超过 100, 并不象从前人们所认为的是小而弱的异常。这说明大型金矿的形成必须具有较大的物质供应量, 只是由于水系沉积物测量的局限性而不能有效地发现它。另外在红原、阿坝等地区也发现了规模和强度都较大的 Au 异常, 经初步查证已发现金矿体或金矿化的存在, 这两个地区可能具有很大的找矿潜力。

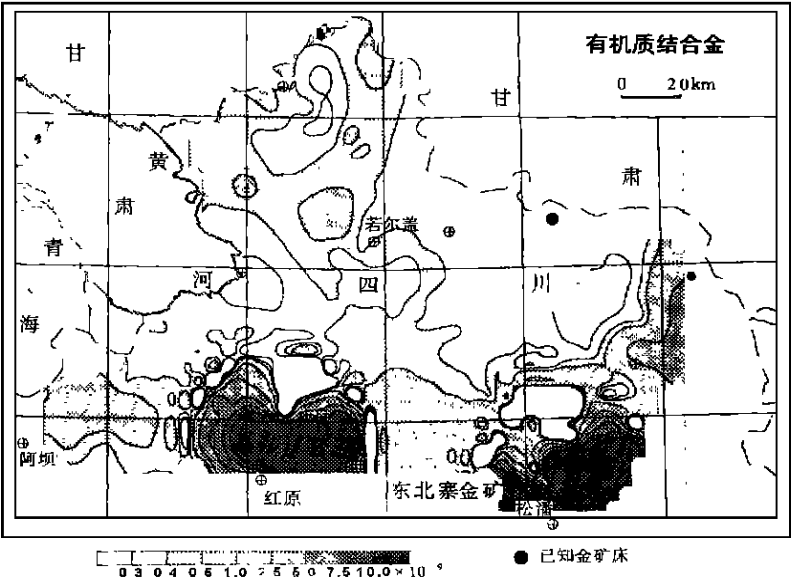


图 5 川西北有机结合金分布

3 逐步缩小靶区的研究

1993 年, 我们用金属活动态方法在山东全省做超低密度测量, 采样密度 1 个/(800 km<sup>2</sup>), 共圈出 4 处大规模区域异常, 其中以胶东西部异常规模和强度最大, 这一异常不仅包含了胶东地区已知的所有大矿, 而且在覆盖区继续向南延伸。这一异常表明在胶东覆盖区还存在着巨大的找矿潜力。

1994 年, 选择胶东异常进行金属活动态方法的区域测量, 采样密度 1 个/(10~100 km<sup>2</sup>), 在胶东圈出 5 处异常带, 基本呈北北东向分布。同时可以明显看出有两条水平向的分带。北部两个异常的西部异常包含有新城、焦家、三山岛、苍上等大型金矿, 东部异常包含有玲珑、台上、大尹格庄等大型金矿。南部覆盖区的两个异常一个位于招平带南部, 一个位于郯-庐断裂东侧。另外在招平带东部还有一区域异常。这是三块新发现的重要靶区, 但由于异常都较大, 还需投入很大的工作量来进行详查, 故暂时没有继续工作。

焦家至三山岛的覆盖区范围相对较小, 我们首先进行了两条剖面测量, 点距 500 m, 发现了由连续四个点组成的水提取金异常。地气金异常也在这一位置出现, 同时汞和锑异常也与之吻合。随后我们进行了面积性详查工作, 在 30 km<sup>2</sup> 范围内使用 500 m × 500 m 的网格采样, 圈出一条明显的呈北北东向展布的异常带。进一步详查工作选择了 12 km<sup>2</sup> 的范围, 布置 7 条东西向的测线, 线距 500 m, 点距 100 m, 个别线段加密到 50 m, 进行了地气与金属活动态测

量,将原异常进一步分解成两条异常带。这些异常有望找到中大型金矿,目前浅钻验证工作正在进行。

这一实例表明我们可以使用从超低密度到高密度的采样,迅速筛选有利靶区,摒弃大片空白区,达到快速、低成本地缩小靶区地之目的。

4 成矿物质供应量

巨型矿床存在巨大的物质供应,这种巨大的物质供应表现于形成套合的地球化学模式谱系。这样,我们就可以利用地球化学异常来反推成矿物质供应量。但这种成矿物质供应量并不是金的全量,而是可被成矿过程中各种流体所带出金的量。Seager 和 Meyer(1982)<sup>[10]</sup>对南非金矿研究后指出:“只有硫化物和粒间金易被变质热液搬运到附近的扩容带中成矿,禁锢在造岩矿物中的金对成矿几乎无意义”。谢学锦(1995)指出:“并不是地球化学块体中全部金属含量在成矿过程中都可以利用,只有那些易被多种流体带出的活动态部分金属才与成矿有密切关系,这里包括从亚微米至纳米尺度的超微细金属”。

那么可被成矿利用的金在地球化学块体中占有多大比例呢?我们利用金属活动态提取技术,包括水和各种弱的溶剂对山东岩石样品的提取表明,活动态金一般占有 30~ 50% 的比例,平均在 40% 左右。如果地壳金的平均值是  $1 \times 10^{-9}$  (鄯明才等,1990)<sup>[11]</sup>,那么可被成矿利用的金只有  $0.4 \times 10^{-9}$ 。各个地区可被成矿利用金的含量是不一样的,表 2 给出我们所研究的几个地区可被成矿利用金(活动态金)的异常下限,利用这一数值所圈定的异常面积,计算出了地壳 300 m 深度地球化学块体中可被成矿利用金的供应量。并不是所有这些可被利用的金都能集中到某一有利部位形成有经济价值的矿床。如果是这样的话,它就不会在围岩中形成异常了。根据我们从已知金矿的统计结果,只有 10% 左右的可被利用的金能集中在一起,最终形成有价值的矿床。

表 2 若干覆盖区可被成矿利用金的量和推测的金矿储量

地 区	异常下限/ $10^{-9}$	异常面积/( $\text{km}^2$ )	金供应量/t	预测储量/t	已探明储量/t
穆龙套	1.2	50 000	86 400	8 640	8 000
胶 东	1.2	20 000	21 600	2 160	1 300
南 疆	1.2	25 000	27 000	2 700	20
川西北	1.6	2 400	3 450	345	110
桂 西	2.4	2 100	4 536	450	0

注:异常下限是均值加 2 倍方差;储量预测是按深度 300 m 异常面积内地球化学块体金供应量的 10%;探明储量系根据《中华人民共和国黄金矿产图集》数据,穆龙套参数是根据 94 年我们去穆龙套试验考察时听取有关人员介绍获得的。

从表中可以看出我国的胶东已探明和已开采的黄金量约 1 300 t,而这些储量都集中在胶东西北部,而活动态金的异常继续向南延伸至覆盖区,所以在胶东西南部的覆盖区还有巨大的找矿潜力。我国的南疆、川西北和桂西也都有巨大的找矿潜力。

5 结论

在覆盖区,巨型矿床在地表会有大规模的金属活动态异常显示,采用超低密度的采样方法和金属活动态测量技术就可圈定与巨型矿床及大的成矿带相吻合的大规模的地球化学异常,它不受地表景观因素的影响。因此,该方法在覆盖区是一种极为经济有效的寻找大型特大型

矿床的方法。在中国现有的经济条件下, 采用迅速掌握全局、逐步缩小靶区的战略, 可大大地降低勘查的风险性。

感谢乌兹别克地质与地球物理研究中心( GGRC) 主任 V. M. Kheifets 博士和俄罗斯莫斯科稀有元素矿物地球化学和结晶化学研究所( IMGRE) 科学部主任 A. A. Kremenetsky 博士给我们在穆龙套工作的热情帮助和支持。感谢澳大利亚西部矿业公司( WMC) 化探总工程师 R. Carver 对我们去奥林匹克坝矿床试验的热情邀请及公司为我们野外工作提供的资助。

## 参 考 文 献

- [1] Mackenzie, B. W. and Doggett, M., Economics of mineral exploration in Australia. Report prepared for Western Mining Corporation, Adelaide, Australia (unpublished).
- [2] Mackenzie, B. W., Mineral exploration economics: focusing to encourage success. Proceedings of Exploration' 87. 3~ 21, 1989.
- [3] 涂光炽, 关于超大型矿床的寻找和理论研究, 矿物岩石地球化学研究, (3): 163~ 168, 1989。
- [4] Sillitoe, R. H., Giant and bonanza gold deposits in epithermal environment: Assessment of potential genetic factors. In: B. H. Whiting, C. H. Hodgson and R. Mason (editors), Giant Ore Deposits, 1993.
- [5] 谢学锦, 用新观念和新技术寻找巨型矿床, 科学中国人, 5, 1995。
- [6] Xie Xuejin and Yin Bingchuan, Geochemical patterns from local to global. J. Geochem. Explor., 47: 109~ 129, 1993.
- [7] Wang Xueqiu and Xie Xuejin, Use of NAMEG and MOMEQ methods in the search for concealed deposits. In: SME' 96, Phoenix, America, 1996.
- [8] Wang Xueqiu, Xie Xuejin and Ye Shengyong, Concepts for gold exploration based on the abundance and distribution of ultrafine gold. J. Geochem. Explor. 55(1~ 3): 93~ 102, 1995.
- [9] Wang Xueqiu, Cheng Zhizhong, Liu Dawen, Xu Li and Xie Xuejin, Nanoscale metals in earthgas and mobile forms of metals in overburden in wide spaced regional exploration for giant ore deposits in overburden terrains. J. Geochem. Explor., 58: 63~ 72, 1996.
- [10] Seager, R. and Meyer, M., Gold distribution in supracrustal rocks from Archean green stone belt of Southern Africa and complexes of European Alps: metallogenic and implication. Econ. Geo. 77(1), 1982.
- [11] 鄢明才、王春书、迟清华、顾铁新, 岩石和地表疏松沉积物中金丰度值的初步研究, 地球化学, (2), 1990。

## GEOCHEMICAL METHODS AND APPLICATION FOR GIANT ORE DEPOSITS IN CONCEALED TERRAINS

Wang Xueqiu

(Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, MGR, Langfang 065000)

**Abstract** Development of cost effective surface geochemical methods is a real challenge to regional exploration for new large and giant deposits in diverse overburden terrains. New geochemical methods——NAMEG (collection of nanoscale metals in earthgas) and MOMEQ (leaching of mobile forms of metals in overburden) have been developed. These two methods have been widely investigated for their usefulness and suitability for strategic reconnaissance surveys with wide spaced sampling for delineation of broad geochemical patterns generating from concealed giant ore deposits. Encouraging results have been obtained. (1) Large regional anomalies occur across large and giant ore deposits or metallogenic belts. Methods focused on them can be used to delineate strategic targets for the

(下转 108 页)

× 250 m, 因此所解释的断点组合成的断层, 就有可能“张冠李戴”, 而其真实的复杂性只能靠网格 5 m × 10 m CDP 三维数据来揭示。当然, 在中国煤田勘探阶段一般只能用二维数据靠人为构思的简单构造模型来构图, 而一旦进入开采阶段, 毫无疑问这些地方采集到的三维数据, 将会获得更多更不同更精确的成果。因此, 把三维地震技术作为煤矿设计和开采中高度现代化的工具, 正在成为中国东部地区一些煤矿的标准作法。

可以认为随着研究工作的进一步深入, 在本世纪末实现煤层埋深 500 m 至 1 000 m 时, 其反射波的主频率达到 150 Hz 以上, 甚至 250 Hz 是不成问题的。那时我们勘探小断层的能力, 可以比现在再提高一倍。

## 参 考 文 献

- [1] 欧庆贤、万有林、勾精为, 全面开展三维勘探研究, 石油物探, 19(1), 1980。
- [2] 唐建益主编, 中国煤田地震勘探剖面图集, 煤炭工业出版社, 1993。

## THE 3D SEISMIC TECHNIQUE FOR MINOR GEOLOGIC STRUCTURES IN COAL MINES

Tang Jianyi

(China National Administration of Coal Geology, Zhuozhou 072750)

Tang Yingxia Gao Yuan

(An Hui Coal Geophysical Exploration Crew, Suzhou 234002)

**Abstract** Exemplified by 3D Seismic exploration carried out in several large coal mines, this paper has discussed the technique of 3D data acquisition and processing as well as the technique of interactive interpretation, and also demonstrated the capability and accuracy of the technique in detecting small-sized faults and folds within the vertical depth of 800 m. The technique proved to be effective.

**Key words** minor geological structures in coal mines, 3D seism.

第一作者简介 唐建益, 男, 60 岁, 高级工程师, 1954 年北京地质学院物探系毕业, 长期从事煤炭地震勘探工作, 曾主编《中国煤田地震勘探剖面图集》, 获国家新闻出版署全国优秀科技图书二等奖(1995 年), 在国内外刊物发表“煤田波阻抗剖面”“煤层横向预测的地震技术”等多篇论文。

(上接 89 页)

discovery of giant ore deposits. (2) The methods give a significant response to deep seated mineralization at a depth of over 300 meters. The cover does not mask the mineralization indicators. (3) Use of both methods can obtain more reliable information generated from the deep buried mineralization. (4) MOM EO methods can be used to estimate the quantity of metals available for mineralization. (5) These new techniques can significantly reduce the geophysical and drilling costs.

**Key words** new geochemical exploration method, concealed terrain, large and giant deposits.

作者简介 王学求, 男, 1963 年出生于辽宁。1989 年获硕士学位, 现任职于地矿部地球物理地球化学勘查研究所高级工程师, 从事勘查地球化学研究工作。已发表中英文论文 20 余篇, 其中 6 篇被 SCI 引用, 4 篇被 CA (化学文摘) 摘录, 6 篇被 GA (地质文摘) 摘录。