内蒙古额尔古纳虎拉林金矿区金属元素活动态测量法找矿试验①

陈希泉[1]，罗先熔[1]，文雪琴[2]
(1. 桂林工学院 隐伏矿床预测研究所，广西 桂林 541004；2. 长安大学 地球科学与国土资源学院，西安 710054)

摘 要：金属元素活动态测量法是在偏提取方法上发展起来的一种利用金属元素的活动态组分来强化深部矿化信息的找矿方法。其中利用提取土壤中金的活动态组分的方法技术，可以用来强化深部金矿化信息，为找矿提供重要依据。通过对虎拉林金矿金矿体上的有效性试验研究，结果表明，该方法能起到强化后生地球化学异常的效果。

关键词：活动态测量；找矿试验；金矿；内蒙古
中图分类号：P632.1　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1001－5663(2006)04－05－0475－04

在20世纪60～70年代发展起来的主要针对表生或浅表性矿床的常规物化探方法很难探测到厚层覆盖层之下的信息的情况下，利用新方法寻找隐伏矿床的方法研究就显得越来越重要[1~2]。活动态测量法是利用偏提取方法，在各种土壤介质中分别提取金属元素的活动态组分，以强化来自深部矿床的信息，是近年来地球化学的热点研究项目。

1 地质概况

内蒙古额尔古纳右旗虎拉林金矿位于大兴安岭山脉的北段，大地构造位于额尔古纳隆起的北端，上黑龙江凹陷的边缘。区域出露地层为古生界下寒武统和上泥盆统，中生界侏罗系和下白垩统，新生界上第三系、第四系。区域断裂构造发育，主要有额木尔河断裂，呈EW向展布，其规模最大，为基底断裂；其次为乌玛一司洛夫卡河大断裂，呈NE向展布，其与SN向北极村河及恩和哈达河一毛河断裂的交汇部位控制了金矿化的产出。区域岩浆岩主要为华力西晚期黑云母花岗岩、白岗质花岗岩和燕山期花岗岩、花岗斑岩。区内矿产以砂金为主，主要有恩和哈达河、吉兴沟等大中型砂金矿床，工作区NE46km为砂宝斯岩金矿。工作区内广泛出露的地层为侏罗系中统二十二站组，岩性为长石岩屑砂岩、岩屑长石砂岩夹细砂、粉砂泥质岩及煤线，含植物化石。区内以断裂构造为主，按展布方向分为近EW向、NE向及近SN向三组。金矿(化)体主要产于花岗斑岩与其围岩的接触带部位，矿体与围岩界线不清。近SN向断裂带控制了本区金矿化蚀变带的产出。区内森林茂密、植被发育、地形平缓、河谷侵蚀切割程度轻。温差非常大，冬季达到零下50℃多。

2 方法与分析流程

2.1 仪器与试剂

2.1.1 仪器及工作条件

日立180－80偏振塞原子吸收分光光度计(火焰与石墨炉部分)。仪器工作条件：金空心阴极灯(上海电光器件厂)；灯电流为7.5mA；波长为242.8nm；光谱通带为1.3nm。测量方式：积分为5s；取样体积为10μL(必要时取4010μL)；原子化器为热解涂层石墨[3]。加热程序：干燥—60℃～120℃，20s；灰化—400℃，20s；原子化—2700℃，7s；清除，2800℃，3s。

2.1.2 主要试剂

对所加入试剂的要求相当严格，因为如此低含量的样品，如果所加入的试剂不纯，将严重影响测试结果。所以，盐酸、硝酸为高纯，其它的试剂均为优级纯。

柠檬酸铵溶液：ρ($C_6H_{17}O_7N_3 \cdot H_2O$)分别为10g/L、50g/L、100g/L，用优级纯柠檬酸铵制成。

氢氧化钠溶液：ρ(NaOH)为8 g/L。

焦磷酸钠溶液：ρ($Na_4P_2O_7$)分别为5 g/L、80 g/L。

氢氧化钠－焦磷酸钠混合液：8 g/L的NaOH与80 g/L的$Na_4P_2O_7$等体积混合、搅匀。

① 收稿日期：2006－05－11　作者简介：陈希泉(1979－)，男，山东菏泽人，硕士研究生，从事地球化学研究工作。
基金项目：武警黄金指挥部资助项目。

盐酸羟铵溶液：ρ(HONH$_3$Cl)为 40 g/L。

柠檬酸铵混合液：100g/L 的柠檬酸铵($C_6H_{17}O_7N_3 \cdot H_2O$)与 40 g/L 的盐酸羟胺(HONH$_3$Cl)等体积混合(用氨水调至 pH 值为 7，搅匀)。

王水：w(王水)为 1%，2%；现配。

醋酸溶液：c(HAc)=4mol/L；醋酸溶液 w(HAc)=1%。

2.2 分析流程

如何才能有效地既打开载体，又将活动态金提取出来[4~9]，而不破坏稳定态金的成分并使之实用化，一直是研究者关注的问题。对活动态的提取取决于对载体的了解，又取决于对金属活动态本身的认识。从相态的提取、测定前提取液的预处理到元素的测定大体要经 4 步或 5 步各自独立的程序：①相态的提取；②提取液的处理；③使待测元素与杂质元素分离；④破坏(分解)富集材料(如富集金的泡塑等)，使待测元素转变为宜于测定的介质；⑤用能保证检出待测痕量元素的仪器测定。具体操作步骤如下图 1 所示：

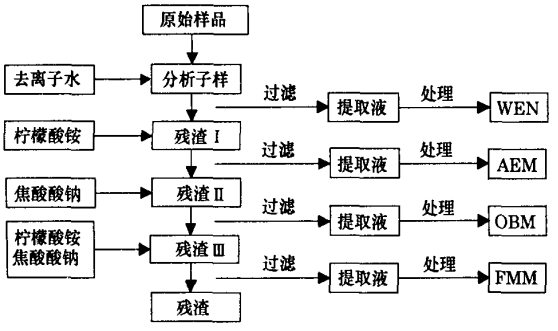

图 1 金属活动态提取流程

Fig. 1 Extraction flow chart of moveable metal phase

2.2.1 水提取相态金属(water extractable metals，简称 WEM)

提取剂：去离子水。

提取对象：金属离子、部分纳－微级超微细粒金属、可溶性盐类中金属、可溶性胶体及可溶性无机络合物与可溶性有机络合金属。

操作方法：

①称取 10.0g 样品于 180mL 干燥的聚乙烯瓶中，准确加入纯水 100mL，充分搅拌，放置 24h 以上(期间至少摇动 5～6 次)，滤出清液，滤液用 250mL 烧杯承接，用水洗聚乙烯瓶和滤渣 5～6 次，样渣 I 留作下一相分析。

②提取液的处理：在电热板上蒸发滤液至 30mL，转入 100mL 聚四氟乙烯杯中，准确加入 3mL 的高纯 HNO_3 和 5mL 的 HF，于电热板上加热分解并蒸发至干，取下后，用少量水吹洗杯内壁，加王水(用高纯酸新配制，全文同)3mL，在低温电热板上加热并蒸发至温盐状，加 2mL"王水，少量水吹洗杯壁并转入 180mL 的聚乙稀瓶中，水稀至 100 mL。

③加入 2mL 的 MIBK，盖上瓶盖，反复摇动 100 次，静置等分层后，用吸管吸取上层有机试剂，加入样杯中，上仪器测量。

2.2.2 粘土吸附和可交换相态金属(adsorbed & exchangeable metals on clay minerals，简称 AEM)

提取剂：5%柠檬酸铵溶液。

提取对象：粘土矿物表面吸附或粘土矿物层间交换组分。

操作方法：

①将样渣 I 连同滤膜全部转入 180mL 聚乙烯瓶中，加入 5%的柠檬酸铵 100mL，加盖拧紧，充分搅拌，静置 24h，滤出清液，滤液用 250mL 烧杯承接，用水洗聚乙烯瓶和滤渣 5～6 次，样渣 II 留作下一相分析。

②提取液的处理：在电热板上蒸发滤液至 30mL，转入 100mL 聚四氟乙烯杯中，准确加入 5mL 的高纯 HNO_3 和 5mL 的 $HClO_4$，于电热板上加热分解并蒸发至冒白烟，(如有黑色有机物，继续加 HNO_3 和 $HClO_4$ 至溶液清亮)。

③取下聚四氟乙烯杯，少量水吹洗杯内壁，加 5mL 王水，在低温电热板上加热并蒸发至温盐状，加 2mL 王水，在电热板上加热至近沸，用少量水吹洗杯壁并转入 180 mL 聚乙烯瓶，水稀至 100 mL。

④卒取：加入 2mL 的 MIBK，盖上瓶盖，反复摇动 100 次，静置等分层后，用吸管吸取上层有机试剂，加入样杯中，上仪器测量。

2.2.3 有机物结合相态金属(organically bond metals，简称 OBM)

提取剂：NaOH(4g/L)+$Na_4P_2O_7 \cdot 10H_2O$(45 g/L)溶液，pH 值为 13。

提取对象：部分有机物结合或有机质表面吸附金属。

操作方法：

①将样渣 II 连同滤膜全部转入 180 mL 聚乙烯瓶中，加入 NaOH － $Na_4P_2O_7$ 混合液 100mL，加盖拧紧，充分搅拌，静置 24h，滤出清液，滤液用 250mL 烧杯承接，用水洗聚乙烯瓶和滤渣 5～6 次，样渣 III 留作下一相分析。

②提取液的处理：在电热板上蒸发滤液至 30mL，转入 100mL 聚四氟乙烯杯中，准确加入 5mL 的高纯 HNO_3、3 mL 的 HF 及 5mL 的 $HClO_4$，于电热板上加热分解并蒸发至溶液清亮，(如不清亮，继续加 HNO_3 和 $HClO_4$，HNO_3 要随时补加)。加 5mL 的王水，在电热板上加热(溶解残渣中的金)。

③取下聚四氟乙烯杯，少量水吹洗杯内壁，加 5mL 的王水，在低温电热板上加热并蒸发至盐状，加 2mL 王水，在电热板上温热以溶解可溶盐，少量水吹洗杯壁并转入 180mL 聚乙烯瓶，水稀至 160 mL。

④加入 2mL 的 MIBK，盖上瓶盖，反复摇动 100 次，静置等分层后，用吸管吸取上层有机试剂，加入样杯中，上仪器测量。

2.2.4 *氧化物包裹相态金属*(metals occluded in Fe. Mn oxides，简称 FMM)

提取剂：柠檬酸铵溶液(70g/L)＋盐酸羟铵溶液(20g/L)。

提取对象：矿物颗粒表面铁锰氧化物膜吸附或结合金属。

操作方法：

①将样渣Ⅲ连同滤膜全部转入 180 mL 聚乙烯瓶中，加入 $NaOH-Na_4P_2O_7$ 混合液 100mL，加盖拧紧，充分搅拌，静置 24h，滤出清液，滤液用 250mL 烧杯承接，用水洗聚乙烯瓶和滤渣 5～6 次，样渣Ⅳ留作下一相分析。

②提取液的处理：在电热板上蒸发滤液至 30mL，转入 100mL 聚四氟乙烯杯中，准确加入 5mL 的高纯 HNO_3、3mL 的 HF 及 45mL 的 $HClO_4$，于电热板上加热分解并蒸发至溶液清亮，(如不清亮，继续加 HNO_3 和 $HClO4$，HNO_3 要随时补加)。并蒸发至白烟冒尽。

③取下聚四氟乙烯杯，少量水吹洗杯内壁，加 5mL 王水，在低温电热板上加热以溶解可溶盐，用少量水吹洗杯壁并转入 180 mL 聚乙烯瓶，水稀至 160 mL。

④加入 2mL 的 MIBK，盖上瓶盖，反复摇动 100 次，静置等分层后，用吸管吸取上层有机试剂，加入样杯中，上仪器测量。

3 找矿有效性试验

本次试验工作选择了额尔古纳虎拉林金矿已知剖面 76 线，按不同点距布点。矿体上方每 20m 布置一个采样点，非矿体上方为每 40m 布置一个采样点。用金的活动态测量法对样品进行了四种金的活动态相分析，各相态异常特征如下：

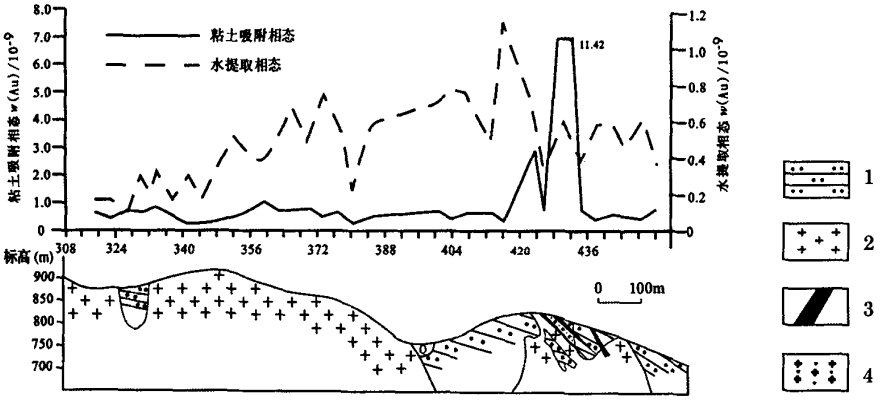

图 2 虎拉林 76 号线水提取相态、粘土吸附相态金异常剖面图

Fig. 2 Gold anomaly profile of the elements in water extractive phase and clay absorption phase elements on Line 76 in Hulalin, Inner Mongolia

1—十二站组长石岩屑砂岩、岩屑长石砂岩夹细砂、粉砂泥质岩及煤线 2—花岗岩 3—金矿体 4—矿化蚀变带

3.1 水提取相态 Au 异常分析

根据计算结果，水提取相态 Au 的背景值为 0.14×10^{-9}，异常下限为 0.97×10^{-9}，异常高出背景 6～7 倍。水提取态异常如图 2 所示。总体上，这一地区的水提取态 Au 含量相对较低，其最高值为 1.14×10^{-9}(位于剖面 416 点)。平均值为 0.48×10^{-9}，异常分布不很明显，但从异常曲线的整体分布趋势来看，异常呈现阶梯状分布，从外围到矿体中心，水提取态 Au 的含量呈上升趋势，直到矿体最上方水提取态 Au 量达到最高值为 1.14×10^{-9}，高出背景 8 倍。

3.2 粘土吸附相态 Au 异常分析

粘土吸附相态 Au 异常特征如图 2 所示，根据计算结果，吸附相态 Au 的背景值为 0.65×10^{-9}，异常下限为 1.71×10^{-9}，位于剖面的 432 点，其最高值为 11.42×10^{-9}，位于剖面的 332 点，高出背景值的 10 倍，最低值为 0.3×10^{-9}。在剖面的 416～440 号点之间出现了一个 200m 呈双峰状的吸附相态 Au 的异常区，出现在矿体上方，异常非常明显地指示了隐伏矿体的赋存位置。

3.3 有机质结合相态 Au 异常分析

有机物结合相的 Au 异常大致与矿体位置比较吻合(如图 3 所示)，在矿体上方的含量最高，达到 22.28×10^{-9}，平均值也高达 3.10×10^{-9}。说明大量微粒金附集在胶体上。根据计算结果，有机物结合相态 Au 的背景值 1.37×10^{-9}，异常下限值为 9.72×10^{-9}。在剖面的 420～438 号点之间出现了一个呈尖峰状的有机物结合相态 Au 异常区。异常强度为 8.35×10^{-9}。异常明显出现在矿体上方，说明用在高寒森林区金的有机相是该地区的有利相态。

3.4 氧化物结合相态 Au 异常分析

图 3 是虎拉林金矿铁锰氧化物结合相态 Au 异常

图，根据计算结果，其平均值为 0.96×10^{-9}，背景值为 0.49×10^{-9}，异常下限值为 1.53×10^{-9}，在剖面的 422～438 号点之间测出了一个驼峰状的氧化物结合相态 Au 异常，其峰值为 13.94×10^{-9}。异常非常明显地出现在矿体上方，与粘土吸附相态 Au 异常非常吻合。

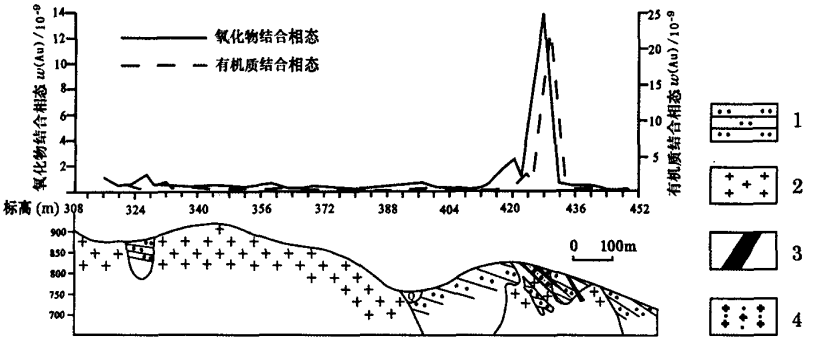

图 3 虎拉林 76 号线有机质结合相态、氧化物结合相态金异常剖面图

Fig. 3 The cross-section of the gold anomalies about the Combinative phase of oxide and organic substance in Line 76, Hulalin, Inner Mongolia

1—十二站组长石岩屑砂岩、岩屑长石砂岩夹细砂、粉砂泥质岩及煤线 2—花岗岩 3—金矿体 4—矿化蚀变带

4 结论与认识

通过对大兴安岭森林覆盖区内蒙古虎拉林金的活动态测量方法的研究，得出如下结论与认识。

(1)根据在已知金矿上金属元素动态测量方法找矿可行性试验证明，利用四种方法在大兴安岭森林覆盖区寻找金矿方法是有效的，效果是明显的，为今后在东北森林覆盖区寻找类似的金矿提供了一种可选的新方法。

(2)通过试验研究，确定了内蒙古额尔古纳虎拉林金矿区金的活动态测量法最佳实验提取各相态的药品试剂。

(3)粘土吸附相态、有机质结合相态和氧化物结合相态 Au 异常在矿体上方都呈一小一大双峰异常显示，高值区正指示已知金矿体的赋存部位；水提取相态 Au 异常也能较好地与矿体相吻合，只是该异常峰值稍向矿体露头方向偏移。

参考文献：

[1] 尤宏亮. 深穿透地球化学方法综述[J]. 有色矿冶，2005，12(6)：3-6.

[2] 谢学锦. 战术性与战略性的深穿透地球化学方法[J]. 地学前缘，1998(1-2)：171-183.

[3] 王学求. 深穿透勘查地球化学[J]. 物探与化探，1998(3)：166-170.

[4] 谢学锦，王学求. 深穿透地球化学新进展[J]. 地学前缘，2003(1)：225-238.

[5] 卢荫庥，白金峰. 元素活动态测量的分析方法[J]. 物探与化探，2000(1)：28-33.

[6] 叶荣，王学求，赵伦山，等. 金窝子矿带戈壁覆盖区化探深穿透找矿方法研究[J]. 地质与勘探，2003(6)：90-93.

[7] 王学求. 深穿透地球化学迁移模型[J]. 地质通报，2005(10-11)：892-896.

[8] 周长祥，张文娟，刘耀华，等. 中子活化分析方法测量金的活动态[J]. 岩矿测试，2002(4)：271-274.

[9] 金浚，龚美菱. 元素有效相态提取与活动态组分探测技术应用研究[J]. 岩土工程界，1999(5)：289-294.

Experiment of applying active phase metal elements for ore prospecting in Hulalin gold ore field of Eerguna, Inner Mongolia

CHEN Xi-quan[1], LUO Xian-rong[1], WEN Xue-qin[2]

(1. *Research Institute of Prediction of Hidden Deposits, Guilin Institute of Technology, Guilin* 541004 *Guangxi, China*; 2. *Institute of Geoscience, Land and Resource Chang'an University, Xi'an* 710054, *China*)

Abstract: The active phase measurement for metallic elements is a prospecting method that uses the metal elements in active phase to intensify the mineralization information in the deep, which has been developed from partial extraction method. It is a method that uses the compositions of active phase of gold in soil to explore the mineralization information in the deep, and then provide important evidence for prospecting. Through the effective trial above the known ore body, it is found that the method can intensify secondary geochemical anomaly.

Key Words: active phase measurement, prospecting trial, gold mining, Inner Mongolia