

甘肃金川南延铜镍硫化物矿床物化探综合找矿研究^{*}

Research on Geophysical and Geochemical Exploration for Prospecting Copper - Nickel Sulphide Deposits in South Jinchuan, Gansu Province

米文满^{1,2,3}, 罗先熔^{1,2}, 张琳琳¹, 董晓¹

MI Wen-man^{1,2,3}, LUO Xian-rong^{1,2}, ZHANG Lin-lin¹, DONG Xiao¹

(1. 桂林理工大学广西地质工程中心重点实验室, 广西桂林 541004; 2. 桂林理工大学有色及贵金属隐伏矿床勘查教育部工程研究中心, 广西桂林 541004)

(1. Guilin University of Technology; Key Laboratory of Geological Engineering Centre of Guangxi, Guilin, Guangxi, 541004, China; 2. Guilin University of Technology; Engineering Research Center of Exploration for Hidden Non-ferrous and Precious Metal Ore Deposits, Ministry of Education, Guilin, Guangxi, 541004, China)

摘要: 为了缓解甘肃金川镍矿资源枯竭问题, 实现资源的可持续发展, 由高精度磁测法、大功率瞬变电磁法、地电化学法(包括地电化学提取、土壤离子电导率)和土壤吸附相态汞测量法等组合综合找矿方法, 在金川南延地区开展物化信息寻找隐伏镍矿预测研究。结果表明, 高精度磁测法对金川南延地区超基性、基性岩体的圈定起到很好的指导作用, 大功率瞬变电磁法和地电化学法组合的应用效果明显, 能准确指示隐伏岩体的埋藏深度和性质, 地电化学方法在干旱岩屑覆盖区起到很好的示矿效果。

关键词: 镍资源 大功率瞬变电磁法 地电化学法

中图分类号: P618.63 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9164(2011)03-0249-04

Abstract: Nickel resource is of great importance in the sustainable development of national economy. This paper conducts a predicting research on seeking the potential Nickel Ores in the southern area of Jinchuan through the combination of methods such as High Accuracy Magnetic Prospecting, TEM, CHIM and the method of measuring the adsorbed mercury in the surface soil, with the aim to alleviate the situation of extremely scarce resources in our country and to lower the risks of exploration. The combined methods are applied into this area, and provide instructions on the identification, buried depth and characteristics of hidden rocks. Besides, it indicates the CHIM method has a better effect in identifying the ore body among the cover regions of dry rock waste.

Key words: nickel resource, TEM, CHIM

金川铜镍硫化物矿床位于甘肃省金昌市境内。地理坐标为: 东经 $102^{\circ}16'$, 北纬 $38^{\circ}33'$, 气候干燥少雨, 年均降水量仅 120 mm 左右。金川铜镍硫化物矿床地形切割剧烈, 沟谷纵横, 地势陡峭, 植被稀少, 无地表径流, 属于干旱荒漠区。为了缓解甘肃金川镍矿找矿难题, 降低找矿的风险, 采用老技术的新组合, 形成

一套由高精度磁测法、大功率瞬变电磁法、地电化学法(包括地电化学提取、土壤离子电导率)和土壤吸附相态汞测量法组成的综合找矿手段, 通过分析金川南延地区物化探综合信息开展找矿预测研究。

1 矿区概况和找矿方法

1.1 矿区概况

金川铜镍硫化物矿床位于阿拉善地块的西南缘龙首山隆起带上, 北邻潮水盆地, 南接河西走廊拗陷, 由前长城系龙首山群一套深变质混合岩、黑云母片麻岩、花岗片麻岩、斜长角闪岩和大理岩组成基底, 盖层为长城—蓟县系墩子沟群和震旦系韩母山群。区内

收稿日期: 2010-11-22

修回日期: 2011-03-12

作者简介: 米文满(1982-), 男, 硕士研究生, 主要从事深穿透勘查地球化学研究。

^{*} 国家“十一五”支撑计划项目(2006BA01B08), 国际科技合作项目(2007DFA20910)资助。

构造以 NW 向和 EW 向为主, SN 向和 NE、NNE 向亦有显示, 并表现为多期活动的特点。岩浆岩种类繁多, 侵入期次较频, 其中超基性岩沿龙首山两侧深断裂呈 NW 至 EW 向带状分布。变质岩广为发育, 其中以区域变质岩为主(包括变砂岩、板岩、千枚岩、片岩、变粒岩、斜长角闪岩、大理岩类及混合岩), 次为动力变质岩和接触变质岩。

南延区内出露地层有上太古界白家嘴子组、下元古界塔马子沟组、上元古界震旦系烧火筒群、寒武系韩母山群、泥盆系老君山组和第四系。受区域构造作用影响, 主要地层走向与区域构造线方向基本一致, 近北西—南东向带状平行展布呈单斜, 倾向南西, 倾角 $45^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 。区内大面积出露混合岩、辉绿岩、大理岩, 并夹杂少量千枚岩、片麻岩(图 1)^[1, 2]。

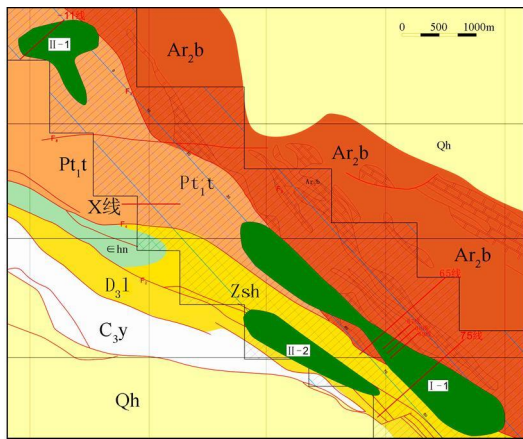


图 1 金川铜镍矿南延(部分)地质概况及物化探工程布置

Fig. 1 Geological outline and geophysical-geochemical engineering layout of Copper-Nickel Deposits in South Jinchuan

□: Qh 第四系沉积物, □: D₃l 紫红色粉砂岩, □: C₃y 砂岩, □: εhn 青绿色薄层灰岩、灰绿、灰黄色绢云母石英千枚岩(底部为含磷石英岩), □: Zsh¹ 青灰色千枚岩、砾状白云岩, □: Pt₁t 灰绿色绢云石英片岩、二云石英片岩、黑云变粒岩、含黝矽石石墨大理岩, □: Ar₂b 灰绿色绢云绿泥石英片岩、混合岩化黑云斜长变粒岩、蛇纹石化橄榄石白云石大理岩、混合岩, □: 大理岩化, □: 异常内带 >2.87, □: 异常中带 >1.52, □: 异常外带 >0.17。

□: Qh Quaternary sediments, □: D₃l Purple siltstone, □: C₃y Siltstone, □: εhn Turquoise thin beds of limestone, celadon and sallow sericite quartz phyllite with phosphorus-containing quartzite at the bottom, □: Zsh¹ Gray phyllite and brecciated dolomite, □: Pt₁t Celadon sericite quartz schist, two-mica quartz schist, biotite granulite and raphite marble, □: Ar₂b Celadon british chlorite sericite schist, Migmatization biotite-plagioclase granulite, Dolomite marble serpentine fossil and Migmatite, □: Marbleization, □: The exceptional inner zone >2.87, □: The exceptional intermediate zone >1.52, □: The exceptional outer zone >0.17.

1.2 物化探综合找矿方法

由高精度磁测法^[3, 4]、大功率瞬变电磁法(TEM)^[3, 4]、地电化学法(包括地电化学提取^[5]、土壤离子电导率^[5-7])和土壤吸附相态汞^[8]等, 组合成多技术综合找矿方法, 结合金川南延地区地质情况, 在

测区范围内重点选择剖面 65 线和剖面 75 线进行找矿预测研究。

2 综合找矿预测结果与分析

2.1 南延 65 线物化探测量成果与综合分析

65 线剖面位于测区南东, 测线起点为位于震旦系中的 45~65 点, 穿过 I 号综合异常及 F4 断层进入白家嘴子含磁混合岩和大理岩, 截止于测区边部的 145~65 点, 全长 2000m。

2.1.1 磁异常

图 2 中的 ΔT 实测异常曲线, 可划分为三段弱背景异常和背景异常中间的两段编号为 M-2-4 和 M-3-2 的局部异常。M-2-4 异常是局部多个小磁性体形成的迭加异常, M-3-2 异常只有一个局部小弱磁性体。

2.1.2 TEM 异常

图 2 中的 TEM 异常一阶电阻率拟断面上, 主要可以可看 2 个低阻异常, 一个位于 47~59 点, F4 断裂通过处, 埋深约 400m 以下。另一个位于 100~143 点处, 该处低阻异常带很宽, 沿南西至北东方向, 埋深由 400m 递减到 200m。

2.1.3 地电化学异常

总体上, 65 线的地电化学 Con(电导率)、Ni、Co、Cr 异常少而窄, Hg、Cu、Pb 异常多而杂。地电提取 Ni、Co 异常主要位于 III 号点处, 呈单峰形态, 其它部位则基本无异常; Cr、Zn 无高异常; Cu、Pb 异常主要位于 65 线前、中部; Con 异常位于 83 点处, 单峰; Hg 异常主要 F4 断裂及 65 线中后部。

2.1.4 综合分析

通过物化探综合分析, 65 线 60~75 号点位于高精磁远景区收缩处。根据地质资料, 60~75 号点位于条带状混合岩带, 除有磁异常外, 并无其它异常出现, 推测该处磁异常由混合岩引起。在 F4 断裂附近, 有很低的地电化学 Cu、Co、Con、Hg 异常, 推测该处异常受 F4 断裂控制, 由中-基性侵入体引起。对于 65 线中部的地电化学 Cu、Pb、Hg 异常, 根据地质资料, 该部位大理岩化很发育, 且有连续的高阻体, 推测该部位地电化学异常、磁异常均由变质作用引起。而 Ni、Co 的单峰异常, 推测由小的辉绿岩体引起。然而在 65 线末端混合岩带, 出现了地电化学、高精磁、TEM 低缓异常, 但由于该异常位于工作区边缘, 仅 65 线剖面通过, 对于是何原因引起的综合异常需进一步考证。

2.2 南延 75 线物化探测量成果与综合分析

75 线剖面位于测区南东角, 起于 20~75 点, 自

南西向北东首先穿越泥盆系粉砂岩和 F2 断裂进入震旦系薄层白云岩、千枚岩, 贯穿 F4 断裂及几个灰绿岩小岩体, 进入白家嘴子组老地层的混合岩与片麻岩, 截止于测区边部的 120~75 点, 全长 2000m^[9]。

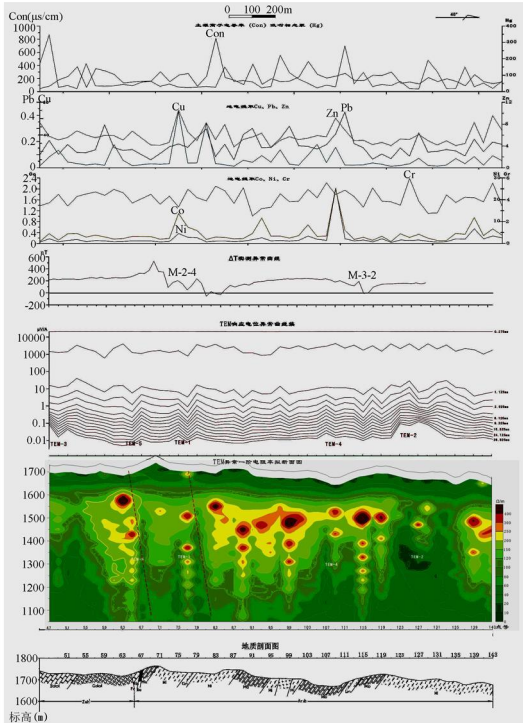


图 2 南延 65 线物化探综合异常剖面

Fig. 2 Profile map describing the abnormal results of Line-65 derived from the integrated geophysical-geochemical technique

- 混合岩 Mi, 薄层白云岩 bdol, 硅质白云岩 Gdol, 片麻岩 Gn, 大理岩 Mb, 辉绿岩 β u, 断层, 震旦系烧火筒群, 上太古界白家嘴子组。
- Migmatite Mi, Thin dolomite bdol, Siliceous dolomite Gdol, Gneiss, Griotte, Diabase, Faultage, Carbonate-detrital flows of sinian, Baijiazuzi formation of the upper archaean.

2.2.1 磁异常

图 3 中的 ΔT 实测异常曲线, 宏观背景是南西为低缓宽的正异常, 北东侧为稍陡窄的负异常, 再向北东恢复为正常场, 引起这种异常的磁源, 应是向南西倾斜, 埋深较大, 延深也很大的中强磁性的磁性体。在宏观背景上, 至少有 3 个层次的迭加异常。窄陡高值或低值异常是一个层次, 反映浅部磁性不均匀的小磁性体群, 宏观背景负异常部分, 被这种局部异常抬高了。中等宽度的低值异常是第 2 个层次, 相对异常值小于 20nT, 是深度较大的小型磁性体的异常显示, 剖面上至少有 4 处这样的迭加异常。第 3 层次在北东端, 背景明显地被抬高了 50nT 左右, 属局部宽缓异常, 向北东异常没有追索完整。

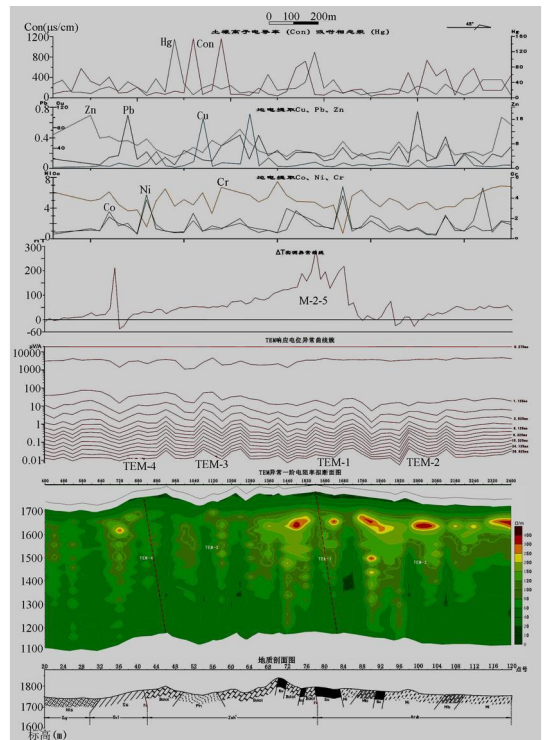


图 3 南延 75 线物化探综合异常剖面

Fig. 3 Profile map describing the abnormal results of Line-75 derived from the integrated geophysical-geochemical technique

- 砂岩 Ss, 泥质灰岩 Nis, 薄层白云岩 Bdol, 千枚岩 Ph, 混合岩 Mi, 辉绿岩 β u, 断层, 震旦系烧火筒群, 上太古界白家嘴子组, 石炭系羊虎沟组, 泥盆系老君山。
- Sandstone Ss, Argillaceous limestone Nis, Thin dolomite Bdol, Phyllite Ph, Migmatite Mi, Diabase β u, Faultage, Carbonate-detrital flows of sinian, Baijiazuzi formation of the upper archaean, Yanghugou formation of carboniferous, Laojunshan formation of devonian.

2.2.2 TEM 异常

相对 65 线而言, 75 线低阻体阻值更低, 且宽而浅。尤其在剖面南西段 F2 断裂两侧, 电阻率明显低于北东段, 有多个浅层低阻体存在。同时在 70~90 点之间, F4 断裂北东侧 200m 以下, 有一南西向倾覆低阻体存在。在 98~120 点之间, 300m 以下, 也有一南西向倾覆低阻体。

2.2.3 地电化学异常

75 线地电化学的异常较好, 主要集中在 F2、F4 断裂通过处。其中地电化学 Ni、Co、Cr 整体偏低, 但出现了多个双峰、多峰异常带。

在 F2 断裂两侧, 表现出地电化学 Con、Zn、Pb 高异常, 同时也出现 Ni、Co 三峰异常及 Cu 的低缓异常。在 F4 断裂两侧, 70~90 点之间, 也出现了很好的地电化学异常, 主要表现为 Con、Hg 异常及地电化学 Ni、Co 多峰异常。

2.2.4 综合分析

75 线各异常对应性好, 较集中。其中以 F4 断裂两侧, 70~90 点之间异常尤为突出。根据地质资料, F4 断裂带两侧有辉绿岩小岩体出露, 高精磁、岩石地球化学都在该段显现出宽而强的异常, 结合 TEM 分析, 推断该处有超基性岩体侵入, 且越往深处基性程度越高, 因此表现出地电化学 Ni、Co、Cr 异常整体偏低。

F2 断裂两侧, 有高而窄的磁异常, 低阻体的存在, 及地电化学 Co、Zn、Pb 高异常, 同时出现了 Ni、Co 三峰异常及 Cu 的低缓异常。从这些现象可以推断, 该处异常由中—基性岩侵入体引起, 并在后期发生了热液交代作用, 形成了 Pb、Zn 的高异常。

3 结束语

(1) 金川地区超基性岩都表现出很高的磁化率, 原生矿石磁化率更高, 与出露的其它岩类表现出很大差异, 高精度磁测对于金川南延工作区超基性、基性岩体的圈定, 起到很好的指导作用。

(2) 大功率瞬变电磁法和地电化学方法组合的应用效果显著, 能准确指示隐伏岩体的埋藏深度和性质, 并对隐伏断裂的寻找, 具有很强的指导意义。

(3) 根据以往地电化学方法在多个地区的找矿应用, 证明其在厚覆盖区有很好的找矿效果, 但是此次

在金川南延的应用, 表明地电化学方法在干旱岩屑覆盖区同样能起到很好的示矿效果。

参考文献:

- [1] 汤中立. 金川含铂硫化铜镍矿床成矿模式[J]. 甘肃地质, 1991(2): 104-124.
- [2] 汤中立, 钱壮志, 姜常义. 中国镍铜铂岩浆硫化物矿床与成矿预测[M]. 北京: 地质出版社, 2006.
- [3] 付开泉, 李白祥. 甘肃金川铜镍矿床地质-地球物理综合找矿模型[J]. 甘肃地质, 2006 15(1): 62-66.
- [4] 杨庆华, 张小路, 王钟, 等. 物探方法寻找隐伏岩浆岩型铜镍矿床[J]. 桂林理工大学学报, 2010 30(2): 208-216.
- [5] 罗先熔, 康明, 欧阳菲, 等. 地电化学成晕机制、方法技术及找矿研究[M]. 北京: 地质出版社, 2007: 46-70.
- [6] 康明, 罗先熔. 地电化学方法的改进及应用效果[J]. 地质与勘探, 2003, 39(5): 63-66.
- [7] 付立春, 罗先熔, 欧阳菲. 地电化学提取技术条件的系统对比研究[J]. 地质与勘探, 2006, 42(6): 62-66.
- [8] 王学求. 深穿透地球化学迁移模型[J]. 地质通报, 2005, 24(10~11): 892-896.
- [9] 曹中煌, 罗先熔, 王培培. 地电化学提取法在金川南延寻找隐伏镍钴矿床的应用[J]. 桂林理工大学学报, 2010, 30(1): 47-51.

(责任编辑: 邓大玉)

(上接第 241 页 Continue from page 241)

产物分子量分布更均匀, 如不改变其他液化条件, 在液化溶剂中加入 0.5% 的 AEO-15, 聚合分散度降低了 11.3%。增加二甘醇在溶剂体系中的比例, 液化效果有较大改善, 甘蔗渣在二甘醇/甘油(W : W = 1 : 1)溶剂体系中液化, 当 AEO-15 用量为 1%, 液化 2.5h 效果最好。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴-2010[M]. 北京: 中国统计出版社, 2010: 13-15.
- [2] Ge J J, Zhong W, Guo Z R, et al. Biodegradable polyurethane materials from bark and starch I highly resilient foam[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2000, 77(2): 2575-2580.
- [3] Hassan E M, Shukry N. Polyhydric alcohol liquefaction of some lignocellulosic agricultural residues[J]. Industrial Crops and Products, 2008, 27(1): 33-38.
- [4] Lee W J, Lin M S. Preparation and application of polyurethane adhesives made from polyhydric alcohol liquefied Taiwan acacia and China fir[J]. Journal of Applied Pol-

mer Science, 2008, 109(1): 23-31.

- [5] Chen F G, Lu Z M. Liquefaction of wheat straw and preparation of rigid polyurethane foam from the liquefaction products[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2009, 111(1): 508-516.
- [6] Yao Y G, Yoshioka M, Shiraishi N, et al. Rigid polyurethane foams from combined liquefaction mixtures of wood and starch[J]. Mokuzai Gakkaishi, 1995, 41(7): 659-668.
- [7] 刘娟娟, 谌凡更. 由甘蔗渣制备用于聚氨酯生产的多元醇的研究[J]. 造纸科学与技术, 2009 28(6): 95-98.
- [8] 戈进杰, 张志楠, 徐江涛. 基于玉米棒的环境友好材料研究(I) 玉米棒的液化反应及植物多元醇的制备[J]. 高分子材料科学与工程, 2003 19(3): 194-197.
- [9] 戈进杰, 吴睿, 邓葆力, 等. 基于甘蔗渣的生物降解材料研究(II) 甘蔗渣的液化反应和聚醚多元醇的制备[J]. 高分子材料科学与工程, 2003 19(2): 194-198.

(责任编辑: 尹 闯)