

# 瞬变电磁法在内蒙古元山子 镍矿勘查中的应用研究

叶敏生, 张云

(宁夏回族自治区核工业地质勘查院, 宁夏 银川 750021)

**摘要:**为了探测内蒙古阿左旗元山子地区的镍矿, 采用瞬变电磁测深技术对该区镍矿进行了勘查。通过瞬变电磁测深工作, 基本查明了该区隐伏镍矿化体的空间分布形态、埋深以及镍矿化体规模。表明瞬变电磁测深解释推断的镍矿化体埋深与钻探和坑探揭露的吻合程度较好, 取得了良好的地质找矿效果, 说明了该方法在金属矿床找矿中的有效性。

**关键词:** 瞬变电磁测深; 镍矿勘查; 应用效果

**中图分类号:** P631.2

**文献标志码:** A

综合物探技术在矿产的预查阶段对发现矿床作用极大, 在普查阶段对发现盲矿、判断矿体产状、延伸和连接情况起重要作用。普查之后, 在矿床勘探阶段充分运用物探技术, 通常还会有新发现, 即使不能扩大储量, 也可大大节约勘探费用、缩短勘探周期, 尤其在干旱、地表覆盖层发育用重磁勘探效果不佳的地区, 采用瞬变电磁法勘探具有一定的效果。

## 1 瞬变电磁法简介

瞬变电磁法(TEM)是以岩石的导电性差异为基础, 利用接地或不接地回线向地下发送脉冲电流作为场源, 激励探测目标体, 使其感生二次电流, 在脉冲间隙测量二次场随时间的响应, 从而了解地下介质的电性变化。

当探测地下地质体时, 向地面敷设的发送回线中通以某种频率的脉冲电流, 在回线中间及周围一定区域便产生持续一定时间的稳定磁场(称一次场或激励场)。若一次电流突然切断(即脉冲间隙)则一次磁场随之消失, 从而使该磁场中的良导体的内部由于磁通量的变化而产生感生电动势  $\varepsilon = -d\varphi/dt$  (由法拉第电磁感应定律), 并在良导地质体中形成二次涡流场, 二次涡流又由于焦耳热耗而不断衰减, 其二次场也随之衰减。感应二次场的衰变规律与地下地质体的导电性有关。导电性越好, 二次场的衰减越慢; 导电性越差, 二次场衰减越快。因此, 通过研究分析二次场的衰减规律即可达到探测地下

地质异常体的目的。

该方法具有以下技术特点: ①断电后观测纯二次场, 免除了复杂一次场的补偿问题; ②单脉冲激发射可以得到多信息的整条瞬变场衰减曲线; ③受地形影响小, 同时对回线边长和方位准确度要求不严, 测地工作简单, 可实现流水作业, 有较高的工作效率; ④可通过改变延时取样时间来获得大参数体的异常, 有穿透巨厚低阻层的能力; ⑤可使近区观测工作装置与预测的地质体达到最佳耦合, 从而得到形体规则和幅值大的电磁异常, 且受旁侧影响小而具有较高的横向分辨率。该方法广泛应用于与围岩电性差异大的金属矿床和非金属矿床普查及其水文、工程地质等方面<sup>[1]</sup>。

## 2 应用实例研究

### 2.1 研究区的地质概况及地球物理特征

研究区北部为寒武系滨海浅海相沉积, 西部除寒武系地层构成的孤山外均为中侏罗统河流相沉积, 南部为第三、第四系。区内火成岩很少, 地表于骆驼山及黑老沟等地见绢云母化石英斑岩岩脉。于钻孔中见有石英斑岩脉、伟晶岩脉、无斑钠长斑岩脉, 而细小石英脉和方解石脉分布较普遍。镍、钼等矿化层为黑色石英石墨绢云母千枚岩。

**2.1.1 矿化特征** 该区寒武系中蚀变、矿化比较普遍, 但多集中在寒武系的下部。地表见有碳酸盐化、硅化、绿泥石化、绢云母化、赤铁矿化、黄铁矿化、

黄铜矿化和少量针铁矿化等。多沿裂隙及其两侧充填交代,裂隙中多数充填赤铁矿。赤铁矿经光谱分析,有色、稀有、分散元素的质量分数较高( $w/\%$ ): Ni 0.2, Co 0.5, Pb 0.1, Ge 0.1 (一般为 0.002 ~ 0.01), Be 0.1 (一般为 0.003 ~ 0.01)。

矿化层及其上下围岩中蚀变较强烈,主要有硅化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、钠长石化、透闪石化、阳起石化、绿帘石化等。蚀变最强的岩石为黑云母钠长石角岩(ZK1 孔矿层上部),有的原岩结构被破坏,几乎完全被方解石、石英和绿帘石所代替。

从钻孔和物探资料分析,热液蚀变、矿化由西向东、由上向下变强(微量元素含量也大致如此),沿水平方向的变化规律与地表相一致,地表所见蚀变、矿化最强地段集中在红石沟。

镍、钼等主要以硫化物状态存在(如钼纯辉钼矿),镍等硫化物多分布在黄铁矿颗粒之间,闪锌矿、二硫镍矿和沥青铀矿等多分布在石英脉中及其附近。经电渗析方法分析,约有  $w(\text{Ni})=30\%$  以吸附状态存在,铀、钒等是否主要以吸附状态存在,未能确定。

石墨:固定炭  $w(\text{Ni})=21\%$  (一般为 2% ~ 3%),热液蚀变、矿化强烈则石墨鳞片也随之加大。肉眼观察石墨结晶好的,含黄铁矿多(两种成因:主要属热液型,呈浸染状、脉状;另一种属沉积变质型,呈结核状),矿石黑而亮,则镍、钼等元素质量分数高。硫、镍和钼等元素质量分数一般成正比关系。依据矿化层特点认为石英石墨绢云母千枚岩属沉积变质型,含有镍、钼等元素,属后期中含矿热液选择(石墨层)交代型。

2.1.2 地球物理特征 研究区相关电性参数显示,各岩性、矿体具有较明显的电性差异(表 1),因此具备一定的电磁法勘探条件。

表 1 研究区各岩性试电阻率参考值

Tab.1 reference value of electric-resistivity

		in testing district					$/\Omega \cdot \text{m}$
岩性名称	板岩	含石墨千枚岩	千枚岩	砂岩	推测矿层		
$\rho$ (视电阻率)	15 ~ 21	21 ~ 30	40 ~ 55	10 ~ 20	18 ~ 24		

2.2 异常解释及找矿效果

60 年代研究区曾进行了区域重力测量,其效果不佳,此次开展了磁法、瞬变电磁测量,基本查明了区内构造形态、矿层规模、埋深和延伸等特征。测区多被第三、第四系所覆盖,其寒武纪地层埋深从东南向西北方向由浅变深,覆盖层厚度逐渐增大,其磁场渐变平稳。使用 SD-40 型电磁测量系统,发射波形为双极型方波,工作频率 25 Hz,供电电流 14 ~ 17 A,采用 100 m × 100 m 的线框,用重叠回线装置进行面

积测量。20、30 道视电阻率等值线平面图和 5 号线视电阻率拟断面图较好地反映了隐伏镍矿化体的空间分布形态和规模大小(图 1-3)。应用瞬变电磁测深解释推断的隐伏镍矿化体埋深与钻探和坑探揭露的吻合程度较好<sup>[2-3]</sup>。电测深成果图比较客观地反映了隐伏镍矿化体的空间分布形态、埋深以及矿化体规模。

20、30 道视电阻率等值线平面图反映了矿体的埋深边界,推测顶板为 230 m 左右,底板为 253 m 左右,镍矿化体在平面上呈椭圆形态,长轴方向为东西

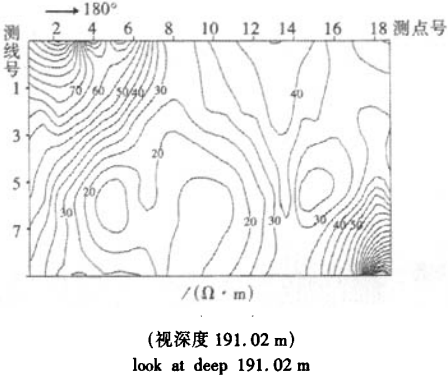


图 1 内蒙古阿左旗元山子地区 20 道视电阻率等值线平面图

Fig.1 isoline planar graphs of electric-resistivity on line 20

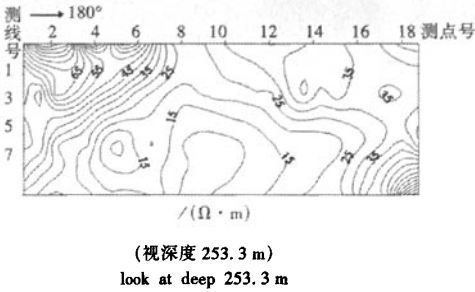


图 2 内蒙古阿左旗元山子地区 30 道视电阻率等值线平面图

Fig.2 isoline planar graphs of electric-resistivity on line 30

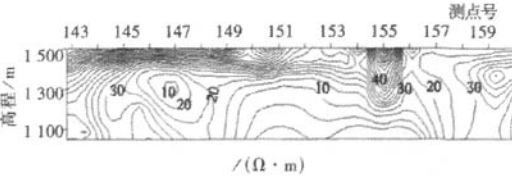


图 3 5 号线视电阻率拟断面图

Fig.3 sectional drawing of electric-resistivity of No.5 line

向,长约 800 m,短轴方向为南北向,宽约 300 m.

从图 3 中看出,该区地电断面有较好的分带性,南端地表出现高阻异常区 ( $> 75 \Omega \cdot m$ ),是由于新近系地层 ( $N_1$ ) 砾岩中富含石英等矿物引起,较好地反映出新近系  $N_1$  地层南倾;中部中低阻区 ( $15 \sim 60 \Omega \cdot m$ )是由香山群第三亚群 ( $\epsilon_{2x^c}$ ) 地层引起,反映了香山群地层微北倾的特征;北端地段的中视电阻率区 ( $30 \sim 60 \Omega \cdot m$ )直立展布,是由张夏组第一岩段 ( $\epsilon_{2z^a}$ ) 的千枚岩夹灰岩地层引起,是地层在该地段断陷和北部埋深厚的反映;中间 1700 ~ 1900 m 地段出现高阻异常区 ( $> 90 \Omega \cdot m$ )是由香山群第三亚群 ( $\epsilon_{2x^c}$ ) 的磁性较高的磁铁矿千枚岩 (ZK<sub>1</sub> 证实)引起, ZK<sub>1</sub> 和 ZK<sub>2</sub> 号钻孔均见矿,矿体处于低阻异常区 ( $10 \sim 20 \Omega \cdot m$ )内,表明该低阻异常区与成矿关系密切,对应地层为香山群第三亚群 ( $\epsilon_{2x^c}$ ) 上部 9、10 层的黑色石英石墨绢云母千枚岩. 因而推测工作区成矿有利层位应在低阻异常区内 ( $5 \sim 20 \Omega \cdot m$ ).

2006 年针对 ZK<sub>1</sub> 钻孔进行坑探揭露,在斜井 462 m 处见矿, 520 m 处终止 (图 4). 垂直深度为 227.9 m,与瞬变电磁测深推断深度相差 2.1 m 左右,进一步验证了瞬变电磁测深法在该地区金属矿产勘查中具有良好的地质找矿效果,说明该方法在金属矿产勘查中值得借鉴推广.

### 3 结 语

瞬变电磁测深法在内蒙古阿左旗元山子镍矿勘查中取得了较为明显的应用效果,但对于矿化层厚

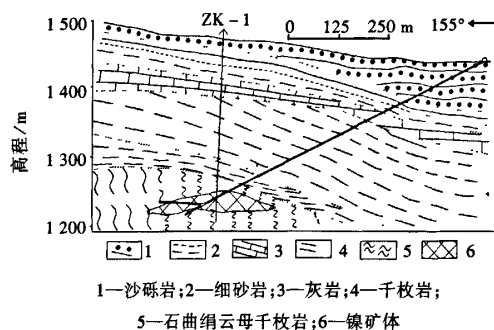


图 4 内蒙古阿左旗元山子镍矿勘查地质示意图

Fig. 4 geology sectional drawing of nickel mine

度及其与围岩的电性差异均不大的勘探区,该方法难以划分细层,但能划分包括矿化层在内的大的层位. 另外,受现有技术限制,实践中发射波形无法接近理论方波,致使接收系统采样时间滞后,测量过程中会丢失部分浅部信息 (0 ~ 50 m), 因此,需在已探明矿床上做装置和参数选择试验,建立数据模型,以便使其更好地发挥特有作用.

### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国地质矿产部. 地面瞬变电磁法技术规范 (DZ/T 0187—1997) [S]. 北京: 中国标准出版社, 1997: 12.
- [2] 贾刚, 霍建国, 李洪壁, 等. 瞬变电磁测深法在砂岩型铀矿找矿应用中探讨 [J]. 西北铀矿地质, 1998, 24(2): 29—33.
- [3] 郭文波, 王海, 杨文峰, 等. GDP-32II 多功能电法仪在资源和工程勘察中的应用效果 [J]. 矿产与地质, 2004, 18(6): 587—590.

## Application of transient electromagnetic methods for nickel exploration in Yuanshanzi of Inner Mongolia

YE Min-sheng, ZHANG Yun

(Nuclear Industry Exploration Institute of Ningxia, Yinchuan 750021, China)

**Abstract:** In order to explore nickel in yuanshanzi of Inner Mongolia, Transient electromagnetic methods were applied. The spatial distribution, depth and scale of nickel mine in this district were investigated. The results acquired using transient electromagnetic methods in nickel mine exploration were agreed with the methods of drill technology and exploratory pits. These showed that transient electromagnetic methods were availability in the exploration of mine.

**Key words:** transient electromagnetic measure depths; nickel mine exploration; applied effect

(责任编辑、校对 韩小珍)