

# 甚低频电磁法在矿体勘查中的应用

张作伦<sup>1,2</sup>, 曾庆栋<sup>1</sup>, 叶杰<sup>1</sup>, 贾长顺<sup>3</sup>, 李文涛<sup>4</sup>

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所矿产资源研究重点实验室, 北京 100029; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;  
3. 北京科技大学, 北京 100083; 4. 中国地质大学(北京), 北京 100083)

**[摘要]** 矿体的形成, 尤其是矿体的赋存和保存与地质构造密切相关。目标勘查矿点构造控矿特征明显, 为摸清勘查区内构造特征, 圈定不同地质体及可能矿化体, 我们使用 DDS-3 型甚低频电磁仪, 结合高精度 GPS 开展地球物理勘查工作, 圈定出一明显甚低频低阻异常, 异常宽 30~50m, 断续分布, 控制长 200m。实践表明, 使用甚低频磁倾角(D)测量法可以有效地揭示出勘查区内矿体及断裂构造的分布特征, 为下一步研究及探矿工作提供初步依据。

**[关键词]** 甚低频电磁法 构造 预测

**[中图分类号]** P631.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2008)01-0067-03

甚低频电磁法于 80 年代引入我国, 1981 年由重庆地质仪器厂生产出 DDS-1 型甚低频电磁仪, 1986 年出版一部该方法专著<sup>[1]</sup>。目前, 重庆地质仪器厂已经生产出 DDS-3 型甚低频电磁仪。甚低频电磁法主要应用于金属、非金属矿产勘查和工程地质调查、地下水调查、地质填图等方面, 国内已有许多成功实例<sup>[1-7]</sup>。

甚低频电磁法探测的是浅层地质体的电性差异。矿化蚀变带、断层泥、黏土矿物、裂隙水往往富集于构造破碎带中, 导致构造破碎带与围岩物化性质差异显著, 这也为应用甚低频电磁仪研究勘查区内可能矿化体及断裂构造提供了良好的地球物理前提。该方法具有轻便、经济、高效的特点, 主要用于评价矿化带在地表延伸情况。通过该方法可以确定矿化带在平面上的矿化强度、规模和连续性, 也可确定地质体在横剖面上的浅层展布特征; 由于该方法探测的是浅层地质体的电性差异, 一般应用于早期勘查阶段。

已有文章指出甚低频电磁法在构造—矿化体<sup>[2]</sup>、脉状矿体勘查<sup>[3]</sup>中效果尤为显著。鉴于目标勘查区矿体受构造特征控制明显, 故采用 DDS-3 型甚低频电磁仪和高精度 GPS 测量配合作业, 快捷、准确地预测了勘查区内断裂构造以及可能矿体在平面上的分布。

## 1 方法技术

### 1.1 原理简介

甚低频电磁法使用 15~25kHz 电台发射的电磁波作为场源, 据地表、空中或地下探测场的参数变化, 从而获得电性局部差异或地下构造信息。甚低频电磁法既可利用磁分量测量(磁倾角法), 也可利用电分量测量(电阻率法或波阻抗法)。

### 1.2 野外数据采集

在甚低频电磁法中, 电极接地条件常受限制, 通常采用极化椭圆倾角(D)测量法<sup>[2]</sup>, 步骤如下<sup>[11]</sup>:

- 1) 按下电源检查按钮, 若指针位于或超过场强面板红线表示电源正常, 否则需要更换电池;
- 2) 把电台选择开关置于合适电台;
- 3) 将工作方式选择开关置于“H”位置;
- 4) 将仪器大致端平, 在水平面内转动仪器, 当场强面板指针指示最小时, 把仪器直立;
- 5) 在一次场垂直面内转动仪器, 直至场强面板指针指示最小时, 由倾角计读出倾角值。

甚低频电磁法在测量记录数据时规定倾角南、西读数为正, 北、东读数为负, 数据单位为度。极化椭圆倾角(D)滤波曲线的正峰值对应地下低阻异常体, 若将各剖面正峰值相联即可确定出矿化带的延伸方向。实际测量时测线布置原则是测线方向尽量

[收稿日期] 2006-11-20; [修订日期] 2007-03-12。

[基金项目] 国家重点基础研究发展规划“973”项目(编号: 2006CB403507)资助。

[第一作者简介] 张作伦(1981年—), 男, 2005年毕业于中国地质大学(北京), 获学士学位, 硕博连读研究生, 现主要从事矿床地质学与矿产勘查工作。

垂直矿化带走向。

### 1.3 数据处理

数据处理采用本课题组编制的 VLF 数据处理程序实现。甚低频电磁法的数据处理主要包括两部分,即对极化椭圆倾角的 Fraser 滤波计算和等效电流密度计算。具体算法已有文章专门论述<sup>[8]</sup>,本文不再重复。

Fraser 滤波计算可以消除地质噪声和区域背景干扰,滤波结果把测量剖面上的拐点或过零点异常变成极大值,其峰值即对应地下低阻异常体。进行等效电流密度计算的目的是进一步揭示低阻异常体在横剖面上的空间展布特征(如产状等);由此求得的电流密度值只能反映地下各测点电流密度大小的相对变化规律;电流密度大的区域即为低阻异常体的位置。

## 2 区域地质概况

研究矿点位于大兴安岭中南段,为铅锌矿化点,矿点区域地层为二叠系黄岗梁组<sup>[9-10]</sup>,主要岩性为砂质板岩、大理岩。区域岩浆活动强烈,以燕山期中酸性-酸性岩浆活动为主,主要岩石类型为黑云母花岗岩、黑云母花岗闪长岩、钾长花岗岩。区内断裂构造发育,主要为 NE 向断裂、NNE 向断裂、NW 向断裂、近 EW 向断裂及 SN 向断裂,其中 NE 向、NNE 向断裂控制了区内主要矿化的产出。

## 3 矿点地质及矿化特征

目标勘查区地势高差不大,植被发育且以灌木林为主,露头很少。矿点产于二叠系板岩中,矿区内东部为二叠系板岩,西部为花岗岩(图 1)。矿化带位于花岗岩与板岩接触带附近外接触带板岩内(距岩体几米至十几米)。矿化受 NE 向断裂控制,地表宽约 4m,NE 走向,NW 陡倾,倾角 75 左右。地表氧化特征明显,氧化带呈褐黄色,矿脉围岩为板岩。矿点内一民采浅坑已采出原生矿石,见浸染状闪锌矿化发育。

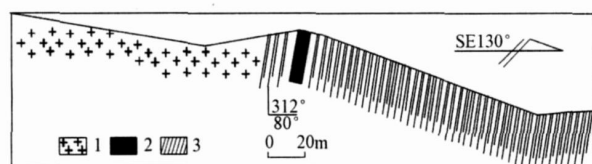


图 1 勘查区 50 线实测地质剖面图

1—花岗岩;2—矿化蚀变带;3—板岩

## 4 甚低频电磁测量与解译

### 4.1 工区布置与选台

为评价矿点的矿化规模,开展了地表甚低频电磁测量工作,总计进行 6 条测线,每条测线长 300m,测线方向 NW 310°;测线间距 50m,测点间距 10m。测量位置通过高精度 GPS 确定。测线布置原则是测线方向尽量垂直矿化带方向。测量时使用澳大利亚长波台(NWC22 3kHz)作场源。

### 4.2 数据解译原则

将所测倾角值经 Fraser 滤波计算后,应用 Surfer 软件成图。甚低频电磁测量平面图(图 2)表明,各测线上均存在强弱不等的甚低频电磁异常。如前所述矿点已知矿化产于 NE 向断裂构造中;区域上 NE 向、NNE 向断裂为主要的控矿构造,在地表地质调查基础上,结合异常构造走向进行数据解译。

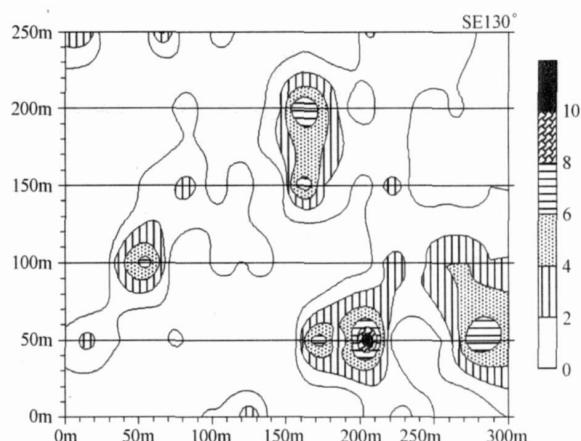


图 2 甚低频电磁测量异常平面图

### 4.3 异常特征与解译

在甚低频电磁测量异常平面图上,可明显看出低阻异常带分布范围,从南西向北东各测线特点如下:

0 线上有一弱甚低频低阻异常,为断裂构造引起,表明矿化带向南无延伸;

50 线上,在 160~220m 之间,存在一较强的甚低频低阻异常,倾角滤波值较大,且异常与已知矿化对应,为矿化异常;该线 SE 侧有一中等强度异常,可能为含矿构造所引起;

100 线、250 线上,甚低频低阻异常强度小,异常不够明显,为断裂异常,说明矿化带不连续;

150 线、200 线中间位置存在明显的甚低频低阻异常,异常呈 NE 向展布,与区内已知矿化异常展布方向相同,可能为矿化异常。

测量结果表明,区内存在一较为明显的甚低频电磁测量异常带,分布于中部,异常带呈 NE 向展布,异常宽度 30 ~ 50m,断续分布,控制长度为 200m。该矿点地表矿化明显,甚低频电磁异常控制长度 200m,预测该矿点具有较好的成矿前景。

为进一步揭示低阻异常体在横剖面上的空间展布特征,对各测线进行了等效电流密度换算。现以地表见矿化异常的 50 线为例加以说明(图 3)。与平面所处位置相对应,等效电流密度图中 160 ~ 220m 处存在一明显异常,电流密度较大,异常向 NW 倾斜。

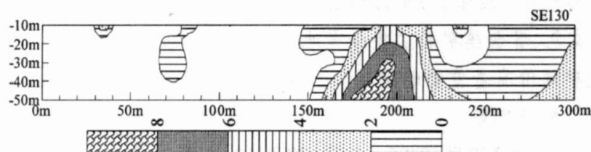


图 3 50 线等效电流密度图

## 5 几点初步认识

1) 该矿点产于二叠系板岩中,构造是该区域最主要的控矿因素,断裂构造是最重要的和首要的找矿标志,利用甚低频电磁法可以很好地解决勘查区内构造延伸及空间展布特征。

2) 该方法在找寻隐伏、半隐伏矿体中,主要是通过测量含矿地质体的低阻异常来指示含矿蚀变带

的存在,进而指示矿体的赋存部位。

3) 该方法的研究思路是:在地质、地球物理理论实践指导下,从甚低频低阻异常的特殊形态研究开始,通过类比和野外查证,预测有利成矿地区,为下一步研究及探矿工作提供指导。

### [参考文献]

- [1] 史保连. 甚低频电磁法 [M]. 北京:地质出版社, 1986, 63 - 68.
- [2] 张寿庭,徐旃章,郑明华. 甚低频电磁法在矿体空间预测中的应用 [J]. 地质科技情报, 1999, 18(4): 85 - 88.
- [3] 白大明,聂凤军,江思宏. 甚低频电磁法对脉状矿床勘查评价的意义—以金、铅锌(银)和萤石矿为例 [J]. 矿床地质, 2002, 21(4): 408 - 413.
- [4] 刘红涛,杨秀瑛,于昌明,等. 用 VLF、EH4 和 CSAMT 方法寻找隐伏矿—以赤峰柴胡栏子金矿床为例 [J]. 地球物理学进展, 2004, 19(2): 276 - 285.
- [5] 高飞,张立军. 应用综合物探法勘查评价抚顺榆林局部塌陷区 [J]. 地质与资源, 2001, 10(2): 116 - 118.
- [6] 姬广柱,周强,候国强. 甚低频电磁法寻找地下水探讨 [J]. 地下水, 2002, 24(1): 42 - 49.
- [7] 姜永兰,付占荣,孙家枢,等. 甚低频电磁法在柴胡木兰子金矿间接找矿中的应用 [J]. 地质与勘探, 2005, 4(1): 77 - 79.
- [8] 李永兵,陈绪松,刘建明,等. 利用 VBA 和 Excel 实现快速处理国产甚低频电磁仪 DDS - 1 型测量数据 [J]. 地球物理学进展, 2005, 20(1): 225 - 230.
- [9] 张喜周,张振邦. 内蒙大兴安岭南段地质构造与成矿 [J]. 矿产与地质, 2003, 17(97): 298 - 301.
- [10] 杨国富. 内蒙大兴安岭南段二叠系的地质建造与控矿作用 [J]. 矿产与地质, 1996, 10(52): 120 - 125.

## APPLICATION OF VLF - EM IN FORECASTING OF ORE EXPLORATION

ZHANG Zuo - lun<sup>1,2</sup>, ZENG Qing - dong<sup>1</sup>, YE Jie<sup>1</sup>, JIA Chang - shun<sup>3</sup>, LI Wen - tao<sup>4</sup>

(1. Key Laboratory of Mineral Resources, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029;

2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049; 3. Beijing University of Science and Technology,

Beijing 100083; 4. China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083)

**Abstract:** Formation of orebodies and, especially, preservation of orebodies has close correlation with geological structure. It is obvious that orebodies are controlled by geological structures in the target area. In order to find out character of geological structures, divide different geological bodies, and distinguish possible orebodies, DDS - 3 VLF - EM instrument combined with high precision GPS survey is used. One anomaly of possible orebody had been discovered. The anomaly has 30 - 50 meters wide, and 200 meters long with discontinuous extension. It is indicated that application of VLF - EM is efficient to realize distributed characters of orebodies and fault structures in the investigation area, and also can provide preliminary basis for next step research and prospecting works.

**Key words:** VLF - EM, structure, prediction