

大功率激电法在河北槽碾沟地区 深部找矿中的应用

严振合, 高金铨, 王贵良, 时志兴

(天津华北地质勘查局核工业 247 大队, 天津 宝坻 301800)

[摘要] 在充分研究工作区地质、地球物理特征的前提下, 采用大功率激发极化中梯剖面 and 激发极化测深相结合的方法进行勘查, 发现了低阻高极化异常, 推断深部存在矿(化)体。依据物探资料布设了验证钻孔, 见到了铀钼共生矿体, 证实了推断的正确性。

[关键词] 大功率激电; 激电测深; 深部找矿; 铀钼矿

[文章编号] 1000-0658(2009)01-0032-05

[中图分类号] P631.3⁺24

[文献标识码] A

近半个世纪以来的实践证明, 激发极化法(简称激电法)是勘查铜、铅、锌、钼等金属矿产的重要方法, 且寻找地下水和探测石油、天然气也颇有成效^[1,2]。大功率激电方法输出较强的电流, 压制各种干扰信号, 提高信噪比, 在采用大极距的条件下保证观测精度, 具有较大的勘探深度^[3]。近年来, 特别是在寻找深部隐伏矿体的新一轮找矿中, 激电方法发挥了重要作用, 并取得了良好的找矿效果^[4]。

工作区位于丰宁、隆化、围场 3 县交界地段, 为内蒙古高原“坝缘”, 阴山山脉东端, 山势陡峭, 沟谷纵横, 海拔高度为 1000 ~ 1300 m, 相对高差为 100 ~ 300 m。上世纪 90 年代初进行的找矿工作中, 探槽揭露发现了表外铀矿化和工业钼矿体, 后因地质行业不景气, 停止工作。2007 年重新进入该区, 这里地表浮土覆盖较厚, 为了探索深部铀钼矿体的分布特征和扩大找矿范围, 应用大功率

激电中梯剖面 and 激电测深相结合的方法“攻深找盲”, 取得了很好的效果。

1 工作区地质及地球物理特征

1.1 地质特征

工作区位于华北地台北缘, 康宝-围场断裂带与上黄旗-南口岩浆断裂带的交汇部位, 中生代苏家店火山沉积盆地的东部边缘。中生代时期, 由于太平洋板块的挤压和俯冲, 导致了该区大规模中酸性火山喷发和岩浆侵入活动, 基底产生强烈褶皱断裂, 形成了隆起和凹陷呈北东向相间分布的构造格局。

勘查区内出露地层主要为侏罗系张家口组火山熔岩、火山碎屑岩及第四系。构造较为发育, 区内规模较大的断裂为 F1, 经上店北山往洋骡子沟方向延伸, 影响宽度几十至上百米, 是本区的主要控矿构造。它由一组 NE 向分布的断裂构成, 具有多次活动的特

[收稿日期] 2007-12-12 [改回日期] 2008-11-10

[作者简介] 严振合 (1968-), 男, 助理工程师, 1990 年毕业于核工业天水地质学校放射性地球物理勘探专业。E-mail: dkgs606@yahoo.com.cn

征，早期表现为多条张裂带，沿张性断裂带常有次火山岩体侵入，酸性次火山岩体的内外接触带是该区重要的成矿地质环境。

本区矿化较好的地段为缸房以东地段，铀、钼矿化绝大部分赋存在次流纹斑岩体内外接触带酸性火山岩中，伴生有大量黄铁矿。虽然在空间上矿化与岩体关系十分密切，但并非均匀分布于整个岩体中，而只是赋存在岩体西半部（即岩体上盘）裂隙构造密集地段岩体产状变异部位，在含角砾熔结凝灰岩中见有低品位的铀、钼矿化，矿化体厚度较大。

1.2 地球物理特征

根据在工作区采集的岩（矿）石标本测

定结果（表 1），晶屑熔结凝灰岩、次流纹斑岩、角砾熔结凝灰岩的视极化率在 1.3 % 左右，熔结凝灰岩最低，平均值只有 0.85 %。铀钼矿化的次流纹斑岩和角砾熔结凝灰岩都具有较高的视极化率，其平均值达 6.17 % 以上，其中铀钼矿化的角砾熔结凝灰岩最高，平均值为 7.23 %，极大值达 9.4 %，比正常岩石高 5 倍多。熔结凝灰岩的视电阻率最高，平均值为 1231 $\cdot m$ ，极大值达 1987 $\cdot m$ ，晶屑熔结凝灰岩、次流纹斑岩、角砾熔结凝灰岩的视电阻率中等，平均值在 712 ~ 891 $\cdot m$ 之间，铀钼矿化的次流纹斑岩和角砾熔结凝灰岩视电阻率最低，极小值为 99 $\cdot m$ 。

表 1 工作区岩（矿）石电参数统计表

Table 1 Statistics of electrical parameters of the rock samples

岩矿石名称	标本块数	s/ %		s/ $\cdot m$	
		变化范围	均 值	变化范围	均 值
晶屑熔结凝灰岩	10	0.29 ~ 2.86	1.27	205 ~ 1493	891
熔结凝灰岩	9	0.21 ~ 1.84	0.85	312 ~ 1987	1231
次流纹斑岩	10	0.69 ~ 2.97	1.38	312 ~ 1532	812
次流纹斑岩（矿化）	8	2.13 ~ 8.98	6.17	99 ~ 1298	496
角砾熔结凝灰岩	12	0.27 ~ 2.3	1.22	259 ~ 1309	712
角砾熔结凝灰岩（矿化）	10	2.977 ~ 9.4	7.23	1097 ~ 1009	358

该区不存在石墨化地层和炭质板岩，从而排除了石墨化地层和炭质板岩引起非矿异常的可能，异常应为伴生有大量金属硫化物的铀钼矿引起，这说明在该区进行激电法找矿工作具备地球物理前提。

2 大功率激电中梯和激电测深的应用与效果

2.1 大功率激电野外工作

2.1.1 工作装置与电极距^[5]

采用激电中梯装置进行剖面测量来发现和圈定矿异常，发现异常后再用激电测深方法了解极化体在空间上的分布特征。为了达到深部找矿的目的，确定中梯工作方法时供电电极距 AB 采用 1600 m；为了能读取较高的

二次场电位差， MN 采用 40 m。测线长度为 700 m，线距为 80 m，点距为 20 m。激电测深方法 $AB/2$ 采用 6 ~ 1000 m。

2.1.2 电流要求^[6]及供电设备

为了满足探测深部目标的要求，供电电流必须达到 10 A 以上。野外测量采用北京地质仪器厂的 DWJ-15A 大功率激电发射机，选用电阻小的截面为 2.5 mm² 的铜质导线和直径为 2.5 cm 的铜电极，接地点浇大量盐水以降低接地电阻。激电测深时，也尽量加大供电电流，以提高二次场电位差。所有测点电位差 U_{MN} 均大于 10 mV，视极化率总均方相对误差为 3.2 %，视电阻率总均方相对误差为 5.8 %，保证了观测精度。供电时间为 2 s，占空比为 1 : 1，叠加次数为 2 次。



2.1.3 野外观测采取的技术措施

AB 极采用“U”型放线, 以避免电磁耦合干扰因素影响观测数据。AB 供电线与 MN 测量线尽量远离, 相距应大于 50 m。另外, 采取逐点浇盐水, 当水完全渗透后再进行测量, 对突变点多次测量取平均数等措施, 保证测量精度, 以获得可靠的信息。

2.2 物探异常特征及推断解释

在工作区, 垂直次流纹斑岩体的轴向采用大功率激电中梯法做了 5 条剖面 (7 线、3 线、0 线、4 线、8 线), 线距为 80 m, 其中 0 线穿过地表探槽已发现的铀钼矿化体。

从视极化率平面剖面图 (图 1) 可以看出, 每条测线上均显示有视极化率异常, 且 5 条测线视极化率异常组成条带状, 沿走向宽度约 40 ~ 80 m, 长度为 320 m, 异常值最高达 6.75%, 连续性好。从视电阻率平面剖面图 (图 2) 也可以看出, 对应视极化率异常带的部位视电阻率显示低阻特征, 视电阻率值小于 200 $\Omega \cdot m$, 且低阻异常带基本与高 (视) 极化异常带吻合。结合工作区岩 (矿) 石标本测定的电性资料, 认为高 (视) 极化率与低 (视) 电阻率组合异常, 在该区反映了含金属矿物的矿带分布^[7]。

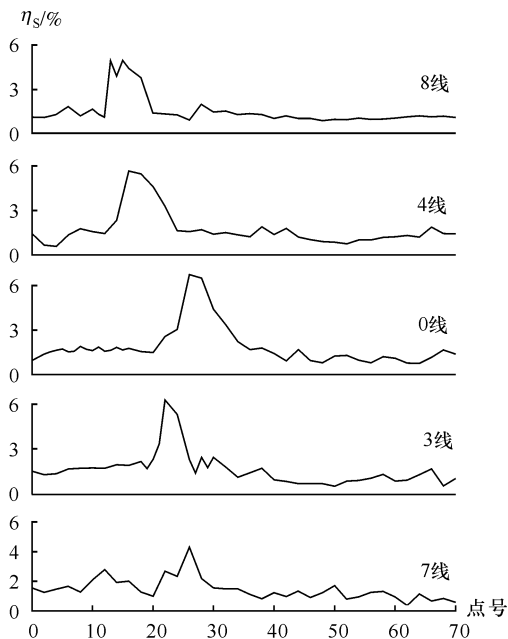


图 1 视极化率平面剖面图

Fig. 1 Profile map of apparent polarizability

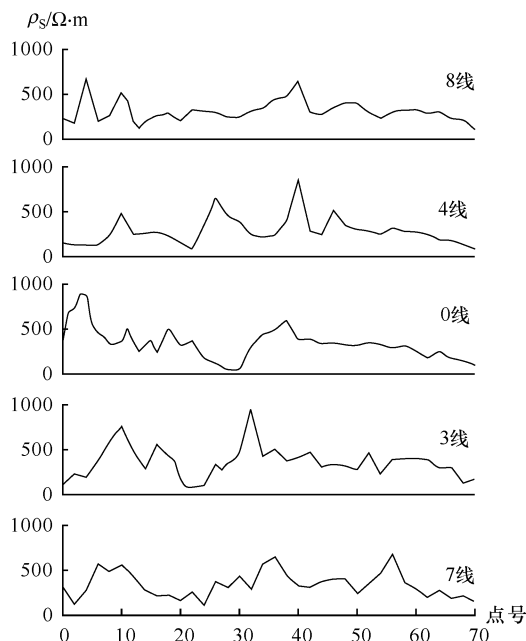


图 2 视电阻率平面剖面图

Fig. 2 Profile map of apparent resistivity

结合地质资料, 发现高 (视) 极化率、低 (视) 电阻率异常带处于次流纹斑岩体和含角砾熔结凝灰岩接触带上, 且二者走向一致, 而次流纹斑岩体和含角砾熔结凝灰岩接触带是该区重要的矿化赋存部位。视极化率最高值对应低 (视) 电阻率值, 且二者延伸方向一致, 这也说明主异常带是由铀钼矿化所引起。

0 号线 22 ~ 28 号点的探槽中已发现了铀钼矿化体, 伴生有黄铁矿等金属硫化物, 铀含量为 0.01% ~ 0.03%, 钼含量为 0.01% ~ 0.1%。0 号线的高 (视) 极化率、低 (视) 电阻率异常应为铀钼矿化体的反应。为了解矿体的产状、埋深及规模, 在 0 号线 20 ~ 34 号点进行激电测深, 结果见激电测深视极化率拟断面图 (图 3) 和激电测深视电阻率拟断面图 (图 4)。X 轴为测点号, Y 轴为 $\lg (AB/2)$ 。由图 3 可以看出, 深部出现了两个激电异常, 其中在 24 号点 $\lg (AB/2) = 15 \sim 25$ 处出现激电异常, 视极化率值大于 3.6%, 规模较小, 视极化率极值较低, 只有 3.71%, 埋藏较浅, 推测为探槽发现的矿化体引起; 在 26 号点 $\lg (AB/2) = 100 \sim 750$ 、28 号点

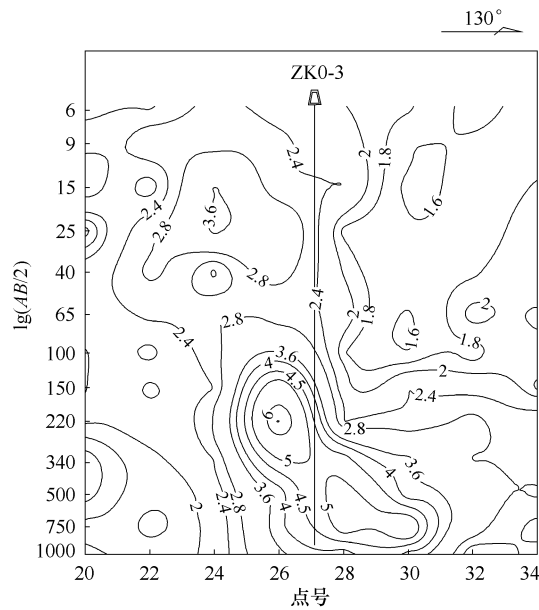


图 3 激电测深视极化率 (%) 剖面图

Fig. 3 Apparent polarizability map of induced polarization sounding

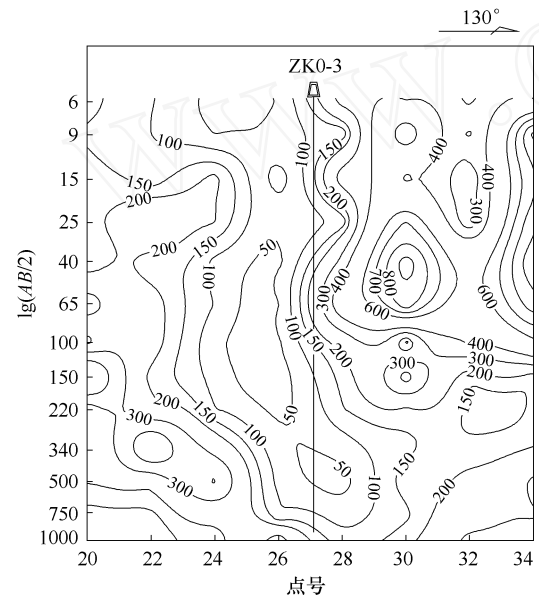


图 4 激电测深视电阻率 (Ω·m) 拟断面图

Fig. 4 Apparent resistivity map of induced polarization sounding

$\lg (AB/2) = 340 \sim 750$ 和 30 号点 $\lg (AB/2) = 340 \sim 1000$ 处出现激电异常, 视极化率值大于 3.6%, 规模较大, 视极化率最高值为 6.73%, 有明显的异常中心。对应图 4, 激电异常呈低电阻率特征, 视电阻率小于 $100 \Omega \cdot m$, 且低阻异常范围与高极化异常大体一致。由于深

度方向是对数坐标, 图中不能准确读出极化体倾角大小, 但能基本看出极化体的倾向, 它与探槽揭露的矿化体基本一致。

在金属矿勘探中, 在排除与含炭质岩石有关后, 激电异常与电子导体的金属矿物有密切关系。热液型硫化物矿体, 整体导电性与围岩有明显的差异, 并能产生激电异常^[8]。

综合以上分析认为, 异常源应为良导高极化体, 推断该异常系探槽揭露的铀钼矿化体向深部延伸引起。布设钻孔 ZK0-3 进行验证。钻孔 ZK0-3 布设在 26 号点与 28 号点中间, 穿过异常中心。经打钻验证, 见到多层矿体, 其中在海拔高度 870 ~ 900 m 处矿体厚度达 30 m, 铀含量为 0.036%, 钼含量为 0.126% (图 5), 验证了大功率激电法的勘探有效性。

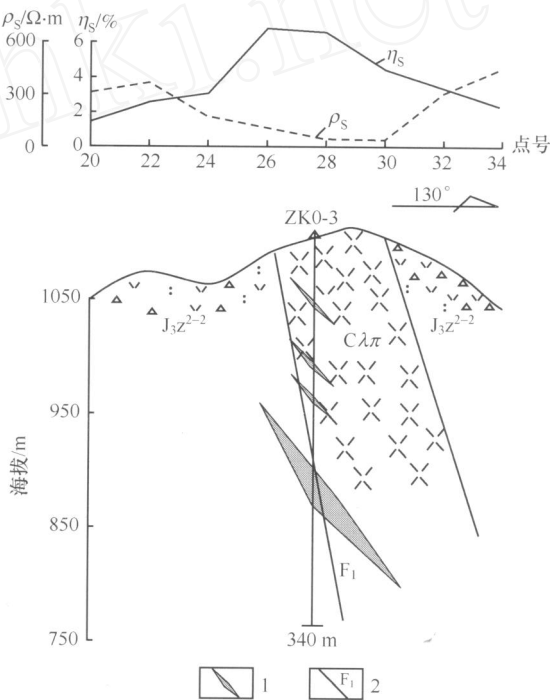


图 5 0 号线物探、地质剖面图

Fig. 5 Combined geophysical-geological section of line 0
1——铀矿体; 2——断裂构造及其编号。

3 结 论

(1) 激发极化法是探测金属矿体的有效方法之一, 大功率激电测量能够提供较大的

供电电流, 从而克服干扰信号, 增加勘探深度, 成为更为有效的找矿手段。

(2) 区内排除了存在石墨化地层和炭质板岩的可能性, 更有利于鉴别激电异常的性质。大功率激电中梯、激电测深结合地质资料综合分析, 推断异常由地下铀钼矿化体引起。

(3) 在大功率激电中梯和激电测深相结合条件下, 在该区找到了铀钼矿体。考虑到激电异常带沿走向未封闭, 为了扩大找矿成果, 建议继续追索和圈闭异常, 在 7 线、8 线外侧加做剖面 and 测深工作, 并作深部评价工作。

[参考文献]

- [1] 李金铭. 激发极化方法技术指南 [M]. 北京: 地质出版社, 2004. 10.
- [2] 傅良魁. 激发极化法 [M]. 北京: 地质出版社, 1982.
- [3] 温佩林, 赵秋梅. 大深度激发极化法初步探讨 [J]. 物探与化探, 1996. 20 (5): 329 ~ 331.
- [4] 刘国兴, 王喜臣, 张小路, 等. 大功率激电和瞬变电磁法在青海锡铁山深部找矿中的应用 [J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 2003. 33 (4): 551 ~ 555.
- [5] 高淑芳. 地质找矿过程如何提高物探工作质量 [M]. 地球物理学进展, 2005. 20 (1): 97 ~ 103.
- [6] 傅良魁. 电法勘探教程 [M]. 北京: 地质出版社, 1983.
- [7] 李树文, 郝旭, 金瞰昆, 等. 激电异常的形态解释方法及其应用研究 [J]. 地质与勘探, 2000. 36 (1): 48 ~ 50.
- [8] 汤井田. 激发极化法资料的推断解释方法 [M]. 长沙: 中南大学出版社, 2002.

The application of high-power induced polarization to the deep mineral exploration in Caoniangou area of Hebei

YAN Zhen-he, GAO Jin-cheng, WANG Gui-liang, SHI Zhi-xing

(Team No. 247 of Tianjin North China Geological Exploration Bureau, Baodi, Tianjin 301800, China)

Abstract: According to the geologic and geophysical features in the working area, high power induced polarization and sounding method were used to explore the uranium and molybdenum deposits, abnormal of low resistivity and high polarizability has been discovered and ore (mineralized) body was inferred in the deep. Drill-hole was setted based on geophysical interpretation, and U-Mo orebody was verified.

Key words: high-power induced polarization; induced polarization sounding; deep mineral exploration; U-Mo deposit