

# 大功率激电测深法寻找焦家式深部金矿床的应用研究

王洪军<sup>1</sup>, 牛如宝<sup>1</sup>, 王秋兰<sup>2</sup>

(1. 山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013; 2. 山东金信新型建材有限公司, 山东 平邑 273305)

**摘要:**大功率的激电测深法在寻找焦家式深部金矿中取得了大量的资料, 由多次去除极化单元场的原理对导出大功率激电测深资料进行消除浅部强激电干扰异常, 从而突出了深部矿床的激电异常, 并利用处理后的激电测深曲线, 定量求取了深部金矿蚀变矿化带的顶界面埋深。认为当供电电极距达到一定值时, 极化电场仍然会反映到地表, 因此该方法可以寻找焦家式破碎带蚀变岩型的深部金矿床。

**关键词:**大功率激电测深法; 焦家式金矿床; 深部找矿; 试验应用研究; 胶东

中图分类号: P618.51

文献标识码: A

胶东地区大而富的“焦家式”金矿在浅部矿床愈来愈少的情况下, 向深部找矿已成为不争的事实。而向深部找矿就需要研究和开发出一套有效的且费用低廉的找矿技术和方法。物探激发极化法在过去寻找焦家式中浅部金矿中发挥过重要的作用, 传统的激发极化法能否用于“焦家式”深部找矿。为此, 通过在已知焦家式深部金矿床上进行了大极距的大功率激电测深法试验应用研究。对取得的资料进行分析, 并用数理推导的方法建立了多层极化体数理模型, 由此理论对激电测深曲线进行消除浅部强极化体异常干扰, 突出深部矿化体异常, 并由经电算处理后的激电测深曲线定量地求取了深部构造矿化蚀变带或深部矿化体顶界的埋深, 为验证矿(化)体提供了依据。

## 1 大功率激电测深资料应用于深部找矿

由焦家金矿电性参数(表 1)<sup>[1]</sup>可知, 矿化蚀变构造带与上、下盘围岩有较明显的电阻率和极化率差异, 因而通过激电测深测量可以确定矿化蚀变构造带<sup>[2,3]</sup>。为了确定高极化率矿化带的埋深, 进行了最大  $\frac{AB}{2} = 1500 \text{ m}$  的激电测深探测, 最大供电电

流达 15A 以上, 输出功率在 15 kW, 为了消除地表不均匀极化体随 MN 移动造成的干扰, 通过方法试验, 采用不等比对称四极测深法,  $\frac{MN}{2} = (\frac{1}{3} - \frac{1}{20}) \frac{AB}{2}$ 。通过焦家金矿区 I 线激电测深  $\eta_a$  等值线断面

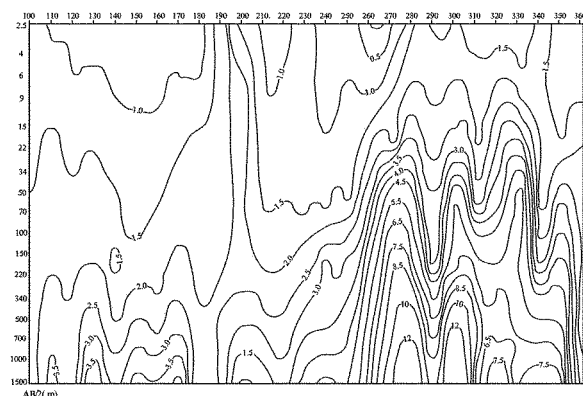


图 1 I 线激电测深  $\eta_a$  曲线拟断面图

图(图 1)与实际钻孔控制的 I 线地质剖面<sup>[4]</sup>对比, 可以看出激电异常明显, 与已知金矿体对比, 异常特征与矿体位置、产状吻合较好, 规律性较明显, 但异常值跳跃, 变化较大, 与浅部干扰有直接关系, 甚至浅部的强极化异常掩盖了深部的弱极化异常。为了突出深部的弱极化异常, 就需要去除或削弱浅部极化

\* 收稿日期: 2012-02-14; 修订日期: 2012-03-20; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 王洪军(1972—), 男, 山东齐河人, 工程师, 主要从事物化探、地质工作; E-mail: hongjun@126.com。

地质体引起的干扰异常, 尝试对激电测深资料进行电算处理, 经处理后的资料获得了两种明显效果: 一是  $\eta_a$  等值线断面图中深部异常更加明显, 异常曲线

更加圆滑, 浅部异常全部消除; 二是利用处理后的  $\eta_a^c$  测深曲线进行了矿化带埋深的定量计算, 与已知地质资料对比, 吻合较好。

表 1 焦家矿区岩矿石电性参数统计

岩性	采集地点	块数	$\eta(\%)$		$\rho(\Omega \cdot m)$		备注
			$\bar{\eta}$	变化范围	$\bar{\rho}$	变化范围	
黑云母花岗岩	焦家金矿	23	4.38	1.55~6.58	2830	179~8810	正常岩石
绢英岩化碎裂状花岗岩	焦家金矿	38	2.29	1.90~5.96	804	670~2470	矿化微弱
绢英岩化花岗岩碎裂岩	焦家金矿	74	6.89	0.36~13.2	1200	335~8180	含量小于 $2 \times 10^{-6}$
黄铁绢英岩化糜棱岩	焦家金矿	30	10.64	3.3~41.1	86.9	41.5~209	含量小于 $2 \times 10^{-6}$
黄铁矿化蚀变岩	马塘金矿	92	7.72	4.18~40.1	335	78.0~578	含量小于 $2 \times 10^{-6}$
黄铁绢英岩化花岗岩碎裂岩	焦家金矿	48	23.6	12.2~70.3	1220	176~5230	矿石
黄铁绢英岩化碎裂状花岗岩	焦家金矿	51	7.49	4.88~10.9	960	275~3310	含量小于 $2 \times 10^{-6}$
斜长角闪岩	焦家金矿	188	3.93	0.94~8.69	319	50~606	矿化微弱
花岗岩闪岩	河东金矿	108	5.23	3.11~6.73	4250	625~7470	正常岩石

1.1 对激电测深资料进行消除浅部异常处理

1.1.1 问题的提出

由地表向地下深处的垂向带上, 会有多层(个)极化体存在。深部和浅部的极化体产生的电场都会反映到地表上来, 在介质相同的地电条件下, 浅部极化体产生的极化电场比深部极化体产生的极化电场要大很多倍, 地表测得的极化电场是深部和浅部的若干层(个)极化电场的叠加。为了达到找深部矿的目的, 则必须消除掉浅部强极化场的干扰, 突出深部弱化异常。为此给出极化体的数理模型, 进而求出对激电测深资料经处理后, 能突出深部矿化异常的公式。

1.1.2 多个(层)极化体数理模型<sup>①</sup>

激电测深装置有多个  $\frac{AB}{2}$  极距, 设想每一个  $\frac{AB}{2}$  极距都对应有(层)极化体, 其真极化率为  $\eta_i$ 。若共有  $N$  个极化体, 则用第  $i$  个  $\frac{AB}{2}$  极距观测时, 在地表所测得的视极化率为  $\eta_a(\frac{AB}{2})_i$ 。 $\eta_{a(i)}$  值是  $\eta_1 \sim \eta_n$  个极化体在地表的综合反映, 即

$$\eta_{a(i)} = K_1 \eta_1 + K_2 \eta_2 + \dots + K_N \eta_N = \sum_{i=1}^N k_i \eta_i \quad (1)$$

其中:  $K$  为系数,  $K$  与极化层(体)的电阻率、围岩介质电阻率、极化层(体)到地表的垂直距离等有关。可以把极化层(体)的电阻率、围岩介质电阻率等看作是相当或相同不变的条件下,  $K$  值只与极化体到地表的垂直距离的平方成反比<sup>[5]</sup>。

式(1)中,  $\eta_1$  到  $\eta_N$  是各极化体(层)的真极化

率, 在激电测深工作中可以用某一极距测得的视极化率  $\eta_a(\frac{AB}{2})_i$  来代替  $\eta_i$ , 只是调整系数  $K(\frac{AB}{2})_i$  即可使下式成立:

$$K_i \eta_i = K(\frac{AB}{2})_i \eta_a(\frac{AB}{2})_i \quad (2)$$

系数  $K(\frac{AB}{2})_i$  设想是由若干个“1”的和, 若一次从其中减去“1”, 减去若干次后,  $K(\frac{AB}{2})_i = 0$ , 那么, 其系数  $K$  值应等于减去的次数。因此, 可以把每个(层)极化体分解成若干个“极化单元”, 即每个极化体有若干个“极化单元”组成。系数  $K$  为 1 时, 就是一个“极化单元”, 把各极化体单元极化率在地表产生的视极化率从某一视极化率中减去, 就是去除 1 个“极化单元”后的视极化率( $\eta_a^c$ )。

$$\eta_{a^c(i)} = \eta_{a(i)} - \sum_{j=i}^{N-j} \frac{\eta_{a(j)}}{(\frac{AB}{2})_j^2} \quad (3)$$

经过多次去除“极化单元”场, 应把“极化单元”数量少的浅部极化体强干扰去除, 而保留了“极化单元”数量多、体积大的深部极化体异常。去除的次数, 可以根据工作需要灵活掌握。

1.1.3 消除浅部极化体异常的方法与效果

由推出的公式(3), 经过对激电测深曲线 200 次处理后, 得出的  $\eta_a^c$  断面图(图 2)可以看出,  $\frac{AB}{2}$  极距

① 山东省物化探勘查院, 胶东地区金矿物探深部找矿技术方法研究与应用成果报告, 2003 年。

小于 20 m 的浅部极化异常已全部清除,  $\eta_a^c$  已达零值。为了更进一步观察消除浅部异常后的效果, 又进行了 1 000 次和 2 000 次处理(图 3, 图 4)。经处理后, 浅部异常随处理次数(消除“极化单元”个数)的增加, 去除的效果愈明显, 深部异常更突出, 同时, 深部异常曲线也更加圆滑, 起到了滤波作用。经处理后的单条激电测深曲线由于极化层数大大减少, 消除了跳跃点, 使得定性和定量解释也更加简单化了。

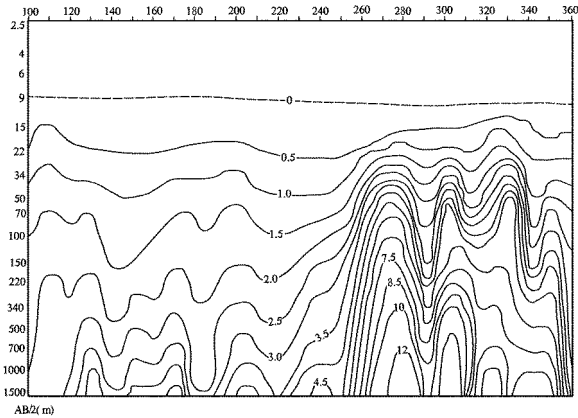


图 2 I 线激电测深  $\eta_a^c$  经处理(200 次)后  $\eta_a^c$  曲线断面图

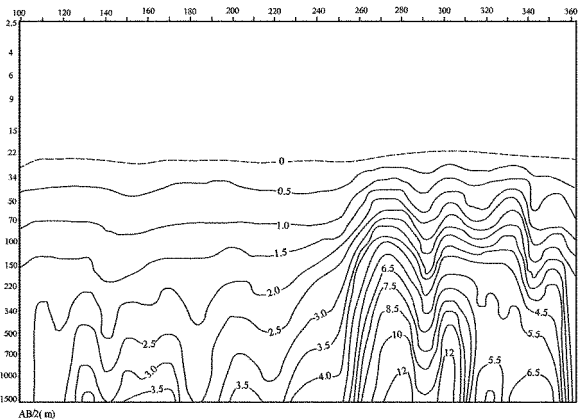


图 3 I 线激电测深  $\eta_a^c$  经处理(1000 次)后  $\eta_a^c$  曲线断面图

### 1.2 激电测深探测深部极化体(矿体)深度

在焦家成矿带上进行深部找矿研究, 必须要解决激电测深资料对深部矿床的反映能力, 也就是说在一定的地电条件下多大电极距能反映多深的矿床, 或者说激发极化法能否反映深部金矿床, 对此分别把 I 线的 250, 200, 150 号点的激电测深曲线反映极化体深度。

由极化率断面可知, 如果忽略浅部的弱极化体(层)影响, 矿化带为一极高化率电性层, 其上覆的胶

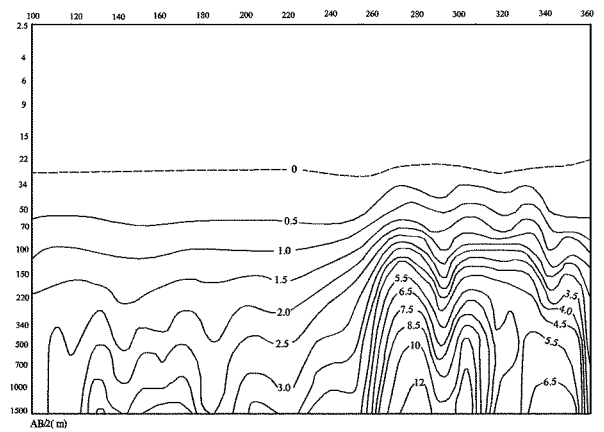


图 4 I 线激电测深  $\eta_a^c$  经处理(2000 次)后  $\eta_a^c$  曲线断面图

东岩群变质岩为一低极化率电性层, 矿化带下盘的花岗岩类为一中低极化率电性层。从上述的 3 条激电测深曲线上看出, 由于电极距不大的原因及中低极化率电性层埋深较大, 在激电测深曲线上无反映, 故这里只研究二层激电断面的问题, 从曲线上定量求出极高化率电性层(矿化带)的顶界面埋深。

二层极化率断面测深曲线与  $\eta_1, \eta_2, h_1$  有关, 李金铭等用等效电阻率法代替极化率断面后的研究认为, 该曲线不仅与  $\eta_2/\eta_1$  有关, 而且还与  $\rho_2/\rho_1$  有关。通过该区大量电性参数和电阻率测深资料可知(表 1),  $\rho_2/\rho_1 \approx 0.5, \eta_2/\eta_1 \approx 4$ , 通过绘制的列线图, 可以查出  $(\frac{AB}{2}/h_1)_{折} = 1.8$ 。那么, 极高化率电性层顶界面埋深  $h_1 = (\frac{AB}{2}/1.8)_{折}^{[1]}$ 。

对 250/I 点的激电测深曲线(图 5), 求取矿化蚀变带即极高化率电性层的顶界  $h_1 = 360$  m, 对比已知地质剖面资料(钻孔资料)可知, 蚀变岩带的顶界面埋深为 350 m, 与激电测深曲线求取的极高化率电性层物理顶界面相近。由钻孔资料可知, 而金矿体在蚀变带顶界之下 100~150 m, 在激电测深曲线上矿体与围岩蚀变带作为一个综合层反映出来, 而不能区分出极高化率的金矿体<sup>[3]</sup>。

对 200/I 点的激电测深曲线(图 5)求取极高化率电性层的顶界  $h_1 = 416$  m, 由钻孔资料可知, 在此点位蚀变岩带的顶界面埋深为 430 m, 与  $h_1$  非常接近。而对 150/I 点的激电测深曲线(图 5), 由于该处构造蚀变带大大加深, 其反映极高化率电性层的曲线拐点没有出现, 如果沿曲线趋势顺延, 用延续的曲线求取  $h_1 = 660$  m, 据钻孔资料可知, 此处的矿

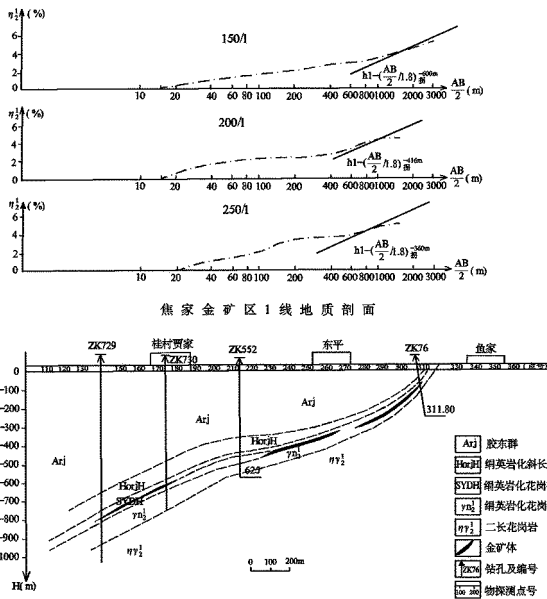


图 5 150/I, 200/I, 250/I 点曲线求取极化率  
电性层埋深  $h_1$

化蚀变带埋深为 680 m。与激电测深定量解释的矿化蚀变带埋深非常接近。

## 2 几点体会

(1) 蚀变岩带及蚀变岩带内的金矿体与其围岩有明显的极化率差异, 它们在激电测深曲线上为一综合电性层反映, 不能单独划分出金矿体。

(2) 在现在试验的最大有限极距条件下 ( $\frac{AB}{2} = 1500 \text{ m}$ ), 矿化蚀变带顶界面埋深的有效探测深度在 450 m 以内。由该区成矿带上的富矿体规律推测, 富矿体埋深为 450~550 m, 能间接探测埋深的 550 m 以内的矿体。

(3) 在  $\frac{AB}{2} = 1500 \text{ m}$  极距条件下, 对顶界面在 450~600 m 范围内的矿化蚀变带, 激电测深曲线仍能指示其存在, 结合地质资料可作出定性解释, 但不能作出定量解释。若要作出定量解释, 则需相应继续加大供电极距和供电电流, 并保证所测信号可靠。

(4) 由激电测深曲线反映的矿化蚀变带深度进行对比和通过理论计算得知, 焦家金矿带类型的矿化蚀变带埋深在千米左右时, 要使得激电测深曲线有较可靠的反映,  $\frac{AB}{2}$  极距一般不得小于 3000 m<sup>[4]</sup>。

(5) 激电测深勘探深度, 除与  $\eta_2/\eta_1$  成正比关系外, 还与  $\rho_2/\rho_1$  有关, 即与矿化蚀变带电阻率和其上

覆盖层电阻率差异有关, 如果差异越大, 也应是说矿化蚀变带电阻率偏低, 而上覆盖层电阻率又较高时, 激电测深勘探深度变浅; 如果差异较小, 也就是矿化蚀变带电阻率与上覆盖层电阻率接近或差异不大时, 勘探深度变深。由此可得出, 在构造蚀变带之上盘为胶东岩群时比其上盘为花岗岩时, 激电测深法勘探深度较之为深, 因此, 在不同地区对  $\eta_a$  测深资料作解释时, 必须充分考虑电阻率的作用, 激电测深的勘探深度, 不只是与电极距的大小、极化率大小、还与电阻率的地断面有关系。

(6) 利用  $\eta_a$  激电测深曲线进行定量解释, 即求取极化体埋深时, 必须准确掌握各电性层的极化率和电阻率。否则, 求取的极化体顶界埋深误差会较大。

## 3 结语

利用大功率激发极化法可以寻找焦家式破碎带蚀变岩型的深部金矿床。这不只是由于构造蚀变带与上、下盘围岩有明显的电阻率差异和极化率差异, 还在于矿体及矿化蚀变带形体呈缓倾斜的层状, 其产生的极化场的反映不是单一矿体(极化体)的反映, 而是层状极化体的极化场。虽然深部的矿体(矿化体)相对来说埋深较大些, 但当供电极距达到一定的值时, 极化电场仍然会反映到地表。因为从理论上讲, 如果一定深度的层状极化体向两侧水平方向上无限延伸, 当供电极趋于无穷大时, 极化体产生的极化电场可以看作和在地表时是一样的。这种观点与某些传统上认为几百米甚至上千米深部的某一矿体产生的极化异常不可能反映到地表上来的想法不同。

## 参考文献:

- [1] 李金铭. 激发极化法方法技术指南[M]. 北京: 地质出版社, 2004: 63-143.
- [2] 牛如宝, 罗卫. 山东省焦家金矿田地球物理综合信息的研究与找矿[J]. 山东地质, 1995, 11(1): 68-76.
- [3] 顾留成, 肖岳. 物化探方法在“焦家式金矿”普查中的应用[J]. 山东地质, 1990, 6(2): 13-34.
- [4] 牛如宝. 电阻率测深法寻找焦家式金矿深部构造蚀变带的应用研究[J]. 矿产与地质, 2004, 18(1): 69-72.
- [5] 傅良魁. 激发极化法[M]. 北京: 地质出版社, 1982: 64-67.

# Application of Induced High—power Polarization Sounding Method in Exploring Jiaojia Type Deep Gold Deposits

WANG Hongjun<sup>1</sup>, NIU Rubao<sup>1</sup>, WANG Qiulan<sup>2</sup>

(1. Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. Shandong Jinxin New Building Material Limited Coporation, Shandong Pingyi 273305, China)

**Abstract:** By using high—power induced polarization sounding method in exploring Jiaojia type deep gold deposit, a lot of information have been gained. by using the principle of field several times to remove the polarization unit, power induced polarization sounding information have been eliminated shallow strong IP abnormal interference. Thus, induced polarization anomalies in deep part of this deposit have been outburst. By using the IP sounding curve processing, the depth of top interface of deep gold deposit alteration and mineralization has been gained quantatively. It is regarded that when the electrode distance reaches a certain value, the polarization electric field will still reflect to the surface. So, by using this method, Jiaojia type fracture zone alteration type deep gold deposits can be found.

**Key words:** High—power induced polarization sounding method; Jiaojia type gold deposits; deep prospecting; application research; Jiaodong area