

## 偏置频谱激电法 (BSIP)

王庆乙 蒋彬 黄利贤 朱添宝

(中国有色金属工业总公司, 北京)

偏置频谱激电法(BSIP)是基于矿物阴、阳极极化差异,并结合频谱激电法的研究成果形成的一种新方法。它可用于区分激电异常源矿物的性质。实验结果发现,金属与石墨的正、负偏置频谱参数,不仅有明显的差别,而且具有相反的特性。这样,BSIP法就有可能区分金属硫化矿与石墨、碳质异常。

**关键词:** 阴、阳极极化; 频谱极化效应; 偏置频谱特性



物探与化探

在频谱电法(SIP)的研究和野外应用中,对异常源的认识,除常规的极化率(充电率)参数外,还有时间常数 $\tau$ 和频率相关指数( $C=1-\alpha$ )

参数。

$\tau$ 是区分SIP异常的主要参数。在同一地质、地球化学环境下,它可以解决找矿中的两个问题,即:①区分同矿种矿体的结构(致密或浸染程度),用以圈定矿化的富集地段;②区分异常是致密硫化矿还是高纯度的石墨体。

对于频率相关指数 $C$ ,可作为一个重要的补充参数。主要用它来区分激电效应和电磁感应效应,并把电磁感应效应分离出来。

应该指出, $\tau$ 参数并不是极化体的本质参数,它是电流流过界面时电化学反应过程的函数。因此,与极化体、围岩(电解质)的成分和性质有关,还与极化体的空间赋存几何条件等多种因素有关。要想依靠受多种因素控制的 $\tau$ 参数来确定某一种因素,从原

则上讲是困难的。因而区分的有效性,取决于对其他因素的了解程度,但在勘查早期,似乎是不可能的。

在多数金属矿区,干扰异常来自碳质岩层,而非高纯度的石墨体。由于地层含碳量和结构的差异,其 $\tau$ 参数的分散性很大,给确定区分界限值带来很大困难。此外,SIP技术复杂,成本也高,应用前景有限。

本文基于矿物阴、阳极极化的差异,结合SIP,系统地了解极化的频率特性,提出了偏置频谱激电法(BSIP)。在实验室条件下,对金属铜和石墨界面的偏置频谱特性进行了研究。我们发现,它们之间的偏置频谱参数不仅有明显的差别,而且有相反的特性。在极化体空间异常上,它们的视偏置频谱参数与界面的真参数有相同的特点。实验证实,BSIP法具有很好的区分可靠性,有可能发展成为区分异常源性质的一种有效方法。

### BSIP方法原理

早在60年代,苏联学者就曾测定了某些

矿物的阴、阳极极化差异。他们发现，硫化矿、磁铁矿的阴极极化大于阳极极化，而石墨的阴、阳极极化则有与之相反的特性。电解质浓度和pH值虽然影响极化的强度，但不影响阴、阳极极化的差异，从而提出了正、负激发极化法。

70年代，我们在矿区进行了正、负激发极化法的试验，证实硫化矿与石墨确实存在上述差异。在碳质岩层上，阳极极化具有微弱的优势，在大多数情况下，这种差异都在观测误差的范围内，即碳质岩层的阴、阳极极化差异很小。

大家熟知的频谱激电法，具有系统了解极化效应的能力。

我们综合两种方法的优点，提出了偏置

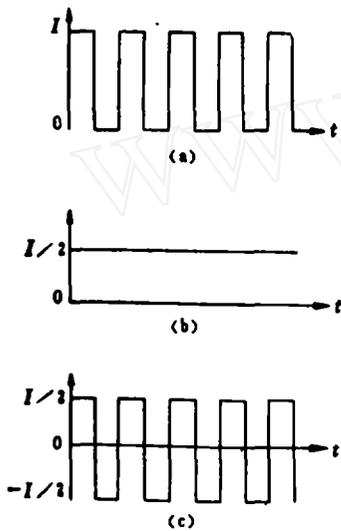


图 1 BSIP的供电波形

频谱激电法 (BSIP)。可利用该法来了解阴、阳极极化效应的频谱特性，并可用柯尔模型参数来描述。

图1a所示为BSIP的正向偏置供电电流，它由一序列正向电流脉冲组成。根据叠加原理可知，图1a的波形可分解为图1b和图1c的波形。图1b为正向直流偏置电流；图1c为频谱范围内各种频率的交变电流。当供电波形反向时，为负向电流脉冲序列，可得到负向直

流偏置电流和相同的交变电流。观测点的信号，由接收器接收交变电位（差）的基频信号。所以，BSIP法的实质，是向极化体施以不同方向的直流电偏置进行SIP观测。由获得极化体阴、阳极极化效应频率特性的差异，来研究极化体的有关性质。

### 实验装置

实验是在  $1 \times 0.7 \times 0.7 \text{m}^3$  的水槽中进行。标本采用直径8cm、长30cm的黄铜柱和直径10cm、长20cm的石墨柱。

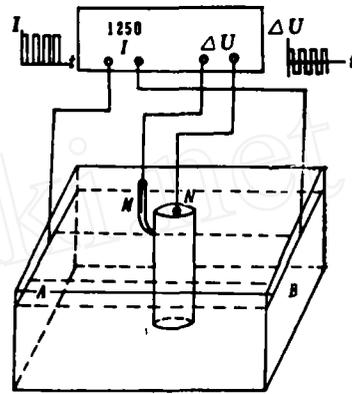


图 2 BSIP观测界面特性装置

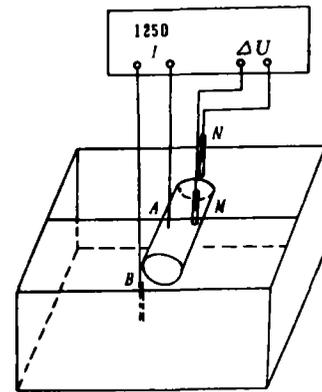


图 3 BSIP观测有深极化体的二极管装置

图2为柱体界面BSIP观测装置。由槽内两壁不锈钢极板供电形成均匀场。界面观测的一极连接着出露水面的柱体（等位体）；

另一极由拉尖的玻璃管制成的铜—硫酸铜不极化电极紧贴柱面。图3为有埋深的三维观测装置。它采用二极排列，供电极为铁电极，*A*极置于水平圆柱体上方，*B*极(远极)置于槽壁。观测极为铜—硫酸铜不极化电极，*M*极置于水平圆柱体的上方，*N*极置于槽壁的另一侧。

供电和测量仪器采用的是1250型频率响应分析仪。该仪器自身带有偏置和不带偏置(零偏置)的供电系统。频率范围为0.001~100Hz。界面观测时，槽内电流密度为 $10\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ；二极排列时，供电流为2mA。

为在观测结果中消除供电电极极化影响，将观测得到的电位(差)值，由供电电流进行归一化( $\Delta V/I$ )。本实验结果均用 $\Delta V/I$ ( $\Omega$ )为单位。

## 实验结果

### 1. 界面真偏置频谱特性

(1) 黄铜柱 实验装置见图2。当*A*极供以正向偏置时，界面观测位于阴极区，改变不同频率的电流，可测得阴极极化的频谱特性。反之，*A*极供以负向偏置时，可得阳极极化的频谱特性。当不加偏置(零偏置)时，则为常规极化频谱特性(SIP)。黄铜柱界面真偏置频谱特性如图4所示。

(2) 石墨柱 实验装置和方式同上，可得如图5所示石墨柱界面真偏置频谱特性。

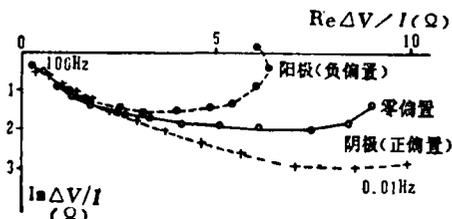


图4 黄铜柱界面偏置频谱特性曲线

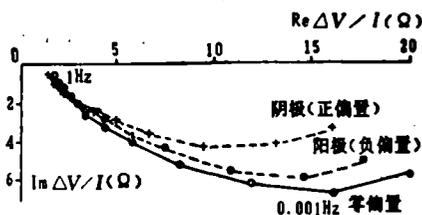


图5 石墨柱界面偏置频谱特性曲线

### 2. 有埋深圆柱体的视偏置频谱特性

(1) 黄铜柱 实验装置如图3所示。

黄铜柱顶深为4cm，*AM*相距4cm。*A*极供正向偏置时，*M*极观测的为黄铜柱阴极极化视频谱特性，反之，*A*极供负向偏置，为阳极极化的视频谱特性。*AM*的中点位于柱顶时的视偏置频谱特性如图6。

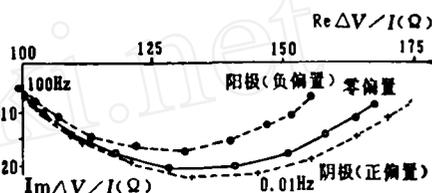


图6 有埋深水平黄铜柱体上顶视偏置频谱特性曲线

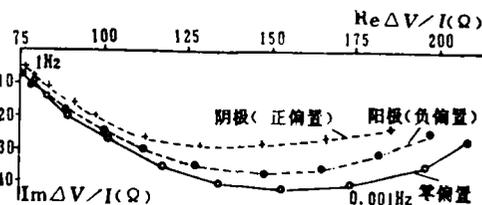


图7 有埋深石墨柱体上顶视偏置频谱特性曲线

(2) 石墨柱 图7为石墨柱顶深5cm，*AM*=4cm，中心点位于柱顶时的视偏置频谱特性曲线。

### 3. 电流密度的影响

在图4、5中所观测的界面真偏置频谱特性，是槽内电流密度为 $10\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 的结果。当槽内电流密度减小到 $1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 时，正、负偏置频谱的差别较小，它们与零偏置频谱特性趋于重合。

#### 4. 界面电位跳跃

图2装置中,在AB极未供电之前,原始界面已存在电位跳跃。对黄铜柱来说, $U_M - U_N = \Delta U_{MN} = +53\text{mV}$ ;对石墨柱来说, $\Delta U_{MN} = -130\text{mV}$ 。

当AB极供电或搅拌界面水溶液,原始界面跳跃值将发生变化。在停止供电或搅拌水溶液后,界面电位恢复到原始电位跳跃值所需时间,石墨比黄铜的时间更长。

#### 几点认识

1. 有埋深面极化体的视偏置频谱,与其界面的真偏置频谱有相同的特性。这表明,面极化界面特性是最基本的属性。

2. 对于黄铜来说,其阴极极化频谱的柯尔模型参数的充电率( $m$ )、时间常数( $\tau$ )和频率相关指数( $\alpha=1-C$ ),均大于阳极柯尔参数。

对石墨来说,情况恰好相反,其阳极柯尔参数均大于阴极柯尔参数。正是金属与石墨的这种相反性,有利于用BSIP法区分异常源的性质。

3. 金属与石墨阴、阳极化差异的相反性,似乎与它们在水溶液中界面存在的原始电位跳跃方向的相反性有关。根据界面电位跳跃测定的结果,对于金属黄铜界面,电化

学的离子交换作用,紧靠界面的水溶液中存在正离子;对于石墨界面水溶液中存在负离子。这种原始化学作用的相反性,可能导致它们阴、阳极极化差异的相反性。

4. 石墨与金属相比有较大的时间常数。这种特性有可能与它们界面吸附水溶液一侧的离子能(静电力和化学力)有关。金属吸附能力强,时间常数小;石墨吸附能力差,时间常数要大。

5. 不同矿物的偏置频谱特性差异,与它们极化效应与电流密度之间的线性程度密切相关。这预示着利用不同强度、不同方向的偏置电流密度来区分异常源的矿物性质,有着广阔的前景。

6. BSIP法的偏置形式,除本文提出的正、反向脉冲形式外,也可采用单独的直流电源对异常体充电,进行常规SIP观测,或采用常规SIP供电,分别接收正半周(阴极)和负半周(阳极)的波形差别。因此,BSIP法根据所需解决的课题,可采用不同形式,在技术上都是不难实现的。

#### 参 考 文 献

- [1] B. A. 柯马罗夫,《激发极化法电法勘探》,地质出版社,1983年。
- [2] 王庆乙等,物探与化探,1986,第3期。
- [3] 王庆乙等,地质与勘探,1986,第1期。

#### Biased Spectral Induced Polarization Method

Wang Qingyi, Jiang Bin, Huang Lixian, Zhu Tianbao

Based on the difference between cathode and anode polarization of minerals and in combination with spectral induced polarization study, a new method, biased spectral induced polarization (BSIP) method for anomaly discrimination has been developed. It has been shown by our experimental results that spectral parameters of metals and graphite are different from each other and opposite in their characteristics, under positive or negative bias condition. Possibly, the said method may have a wide application in anomaly classification.