维普资讯 http://www.cqvip.com

技术·方法

双频激电相位法初探

刘春明[1,2,3],柳建新[1,2],何继善[1,2],瓮晶波[1,2]
(1. 中南大学信息物理工程学院,长沙 410083;2. 中南大学有色资源与地质灾害探查湖南省重点实验室,长沙 410083;3. 中南大学矿业工程博士后流动站,长沙 410083)

[摘 要]文章在综合双频激电法和相位激电法基础上,首次提出了双频激电相位法,该方法通过分析两个较低频率电流的激电相位差来达到地质勘探的目的。基于COLE-COLE模型,对双频激电相位法进行了理论分析,针对不同类型岩矿石作了数值模拟与物理模拟,从理论分析和模拟的结果可以发现,该方法既能反映地下岩矿石的激电效应强弱,也能在一定程度上反映其时间常数大小,因而可用于极化异常体性质的区分。

[关键词]双频 激电相位 激电效应 时间常数 性质区分
[中图分类号]P631.3 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2007)04-0065-04

0 前言

目前,对于激电异常源性质区分问题在物探界研究颇多,在区分异常源性质方面比较成功的方法有复电阻率法、频谱激电法、伪随机激电法,其实这三种方法的基本理论基础是相同的,之所以有不同的名称,主要是各自采用的激励电流信号不同,在接收方面也存在相应的差异。但上述三种方法为获取激电异常源性质方面的信息付出的成本较常规电法而言高得多,故只在地质勘探的详查阶段需要进行性质区分时才可能采用,在普查阶段应用很少[1-3,5]。

双频激电法是何继善院士首创的一种效率高、设备轻便、勘探效果好的频率域激电法。该方法通过同时向地下供入两个频率的激励电流信号,并同时测量两个频率的响应电位差,从而达到了解地下地质体的激电效应强弱的目的[1]。该方法相对于以前的时域或频域激电法有着许多独特的优势,由于该方法没有提供激电异常源时间常数等方面的信息,当出现黄铁矿化、石墨类岩石等激电干扰体时,无法对其进行具体区分[4,6-11]。

相位激电法观测的是测量电极间的电位差相对于供电电流的相位差。相位差的大小反映地质体激电效应的强弱。对于一定的频率,激电效应越强,相位移(绝对值)越大;反之,激电效应越弱,相位移越小,而当无激电效应时,相位移为零。所以在没有其他干扰时,相位激电法只用一个适当频率的相位就能反映大地的激电效应[3]。该方法的野外接收、发送装置较简单,工作效率高、成本低,但此方法提供的信息量较小[8,12]。

基于目前双频激电法与相位激电法的优缺点,笔者提出一种既能反映激电效应强弱,又能提供异常体时间常数方面信息的方法,并命名为双频激电相位法[4]。

1 双频激电相位法基本定义

双频激电相位法借鉴双频激电法和相位激电法的基本方法与原理,与双频激电法不同的主要是其测量参数为相位差,而不是幅频率;与相位激电法不同的是,该方法的激励信号为两个频率的调制信号,而不是一个频率或多个频率分次测量的信号。即双频激电相位法发送机供入地下的是与双频激电法相同的激励信号,而接收机测量的是与相位激电法相同的两个频率相对于供电电流的相位差参数。通过研究两个频率相位的关系,达到分析激电异常源性质的目的[4]。

2 双频激电相位法的理论分析

双频激电相位法的基本原理与双频激电法相

[收稿日期]2007-02-03;[修订日期]2007-03-16。
[基金项目]国家自然科学基金项目(编号:60672042)资助。
[第一作者简介]刘春明(1974年—),男,2007年毕业于中南大学,获博士学位,现主要从事矿产普查与勘探领域的教学与研究工作。

维普资讯 http://www.cqvip.com

同,不同的是测量参数不一样,该方法测量的是两个频率电位差相对于电流的相位差,而不是其电位振幅。下面定性的分析该方法既能测量激电效应又能进行激电异常源性质区分的基本原理[4]。

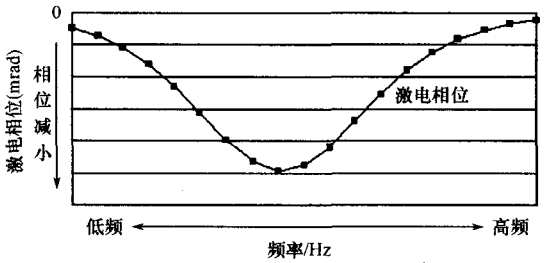

图1 激电相位与激励电流频率的定性关系图

从图1及前面对相位激电法的分析可以得出相位的大小是反映异常体的激电效应强弱的参数,通过测量两个频率中的一个频率的激电相位大小就能反映出激电异常体的激电效应强弱,从而可以发现激电异常体,此时该方法的作用与双频激电法、相位激电法一样。但从上图可以发现,不同频率的激电相位是不同的,在相位极值频率的左边(低频段)相位是随着频率的递增而递减的变化关系,而在右边(高频段)的相位却是随着频率的递增而递增的变化关系。设低、高频电流测量的相位差分别是 ϕ_L、ϕ_H,通过前面的分析与研究知道相位极值频率低高反映异常体的时间常数的大小。

对比分析两个频率测量的相位 ϕ_L、ϕ_H,可得出如下结论:

1)当相位在相位谱曲线的左边曲线段,即相位极值频率较高,可以得出激电异常源的时间常数较小,如图2所示。

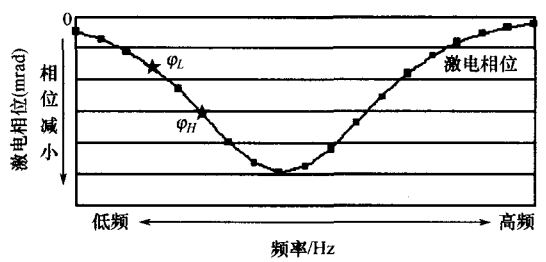

图2 激电相位与激励电流频率的定性关系图一

2)当 $\phi_L < \phi_H$,相位在相位谱曲线的右边曲线段,即相位极值频率较低,可以得出激电异常源的时间常数较大,如图3所示。

3)当 $\phi_L \approx \phi_H < 0$,相位在相位谱曲线的中间曲线段,即相位极值频率较中等,可以得出激电异常源的时间常数也较中等,如图4所示。

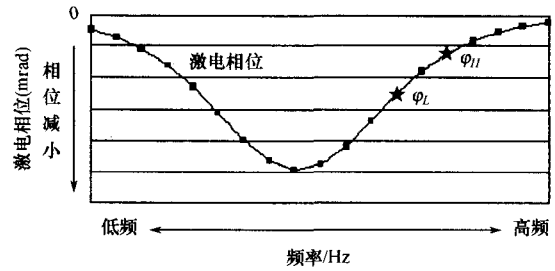

图3 激电相位与激励电流频率的定位关系图二

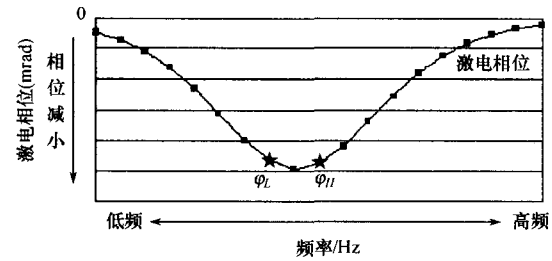

图4 激电相位与励电流频率的定性关系图三

4)当 $\phi_L \approx \phi_H \approx 0$,相位在相位谱曲线的右边或左边曲线平直段,即相位极值频率非常低或非常高,可以得出激电异常源的时间常数非常大或非常小,如图5所示。而从前人研究成果看,自然界中出现激电异常源的时间常数非常大的现象很少,故在实际工作中当相位出现上述关系时,很大概率上是时间常数非常小引起的,还可以通过其他信息(如地质、化探、其他物探方法的相关资料)确定是非常大或非常小引起的。

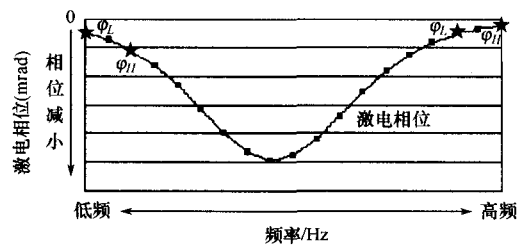

图5 激电相位与激励电流频率的定性关系图四

通过上述分析可以发现比较两个频率的相位情况,就能分析激电异常源的时间常数参数的大小,而时间常数与异常源的矿物含量、矿物成分、致密程度、连通情况、矿物排列方向等因素有关,所以通过比较两个频率的相位关系就能获得激电异常源有关性质方面的信息。

从上面的分析研究可以看出双频激电相位法既可以评价激电效应强弱,还可以定性的分析激电异常源性质,而其工作量与双频激电法一样,仅是测量参数不同。双频激电相位法其实是伪随机多频激电

维普资讯 http://www.cqvip.com

相位法的特例[4],即供入的是 2^1 系列的伪随机信号,该方法在不增加双频激电法的工作量的前提下就能对激电异常源性质作一定程度上的区分。

3　双频激电相位法的数值模拟

为分析双频激电相位法在具体地质模型下的勘探效果,特设置如下地质模型:考虑的地电结构模型如图 6 所示,半空间大地中含有一矩形异常体。

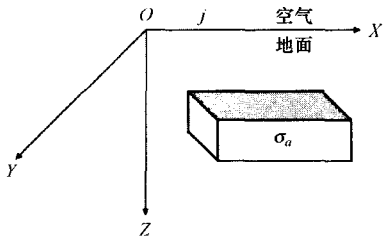

图 6　三维异常体模型

上述模型参数是假设在均匀导电半空间大地中有一个大小为 200 × 200 × 200 米的异常体,顶端埋深 200 米,其复电阻率的电性参数为 $\rho_0 = 10\Omega \cdot m$, $M_0 = 0.8$, $C_0 = 0.25$,大地的电性参数为 $\rho_1 = 100\Omega \cdot m$, $M_1 = 0.04$, $C_1 = 0.25$, $\tau_1 = 1s$。供电极距 AB = 1000 米,测量电极距 MN = 40 米,采用 8 倍频的 f_1 f_2 两个频率,即 $f_2 : f_1 = 8:1$,基频 $f_1 = 0.5Hz$。

基于对金属硫化物和石墨类岩石的时间常数的认识,选择 $\tau_0 = 50s$ 代表金属硫化物,$\tau_0 = 1000s$ 代表石墨类岩石,并分别对两个模型进行数值模拟。幅频率(Fs)、激电相位(ϕ)数值模拟结果如下:

从图 7 可以看出,从幅频率参数无法识别时间常数不同的两个模型,即两个模型均存在高幅频率值,只是幅频率值的大小有些区别。为了对该模型进行区分,特对其激电相位进行数值模拟,图 8 为上述两个模型的激电相位数值模拟结果。

从上图可以看出:两个时间常数不同的模型在双频激电相位对比图中,高低频相位的对比关系存在完全不同的关系,即对于时间常数为 50s 的模型,存在:

$$\phi_L > \phi_H \qquad (1)$$

其中 ϕ_L、ϕ_H 分别为低频、高频的激电相位值。

对于时间常数为 1000s 的模型,存在:

$$\phi_L < \phi_H \qquad (2)$$

其中 ϕ_L、ϕ_H 分别为低频、高频的激电相位值。

数值模拟结果证明了根据高低频激电相位的对比关系,有可能区分激电异常源的时间常数大小。进而能获得激电异常源有关性质方面的信息。

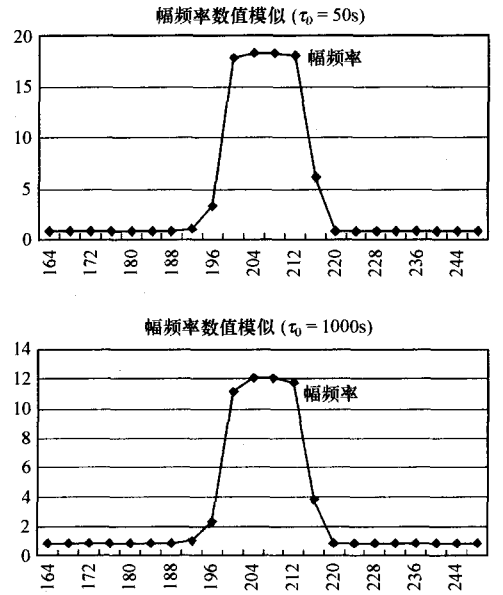

图 7　双频激电幅频率数值模拟对比图

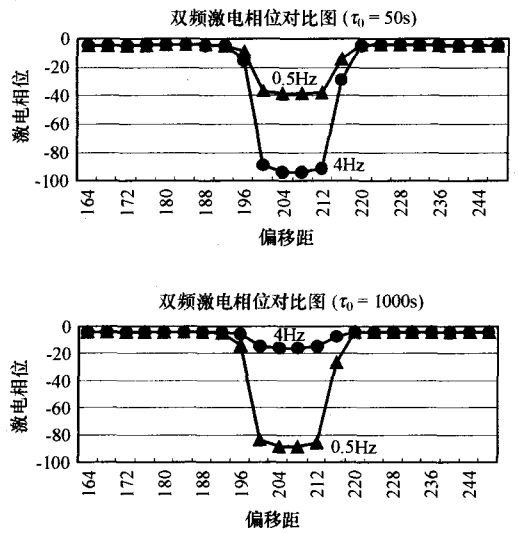

图 8　双频激电相位数值模拟对比图

4　双频激电相位法的物理模拟

物理模型选用浸染状的黄铁矿体和块状的石墨岩石,采用中间梯度装置,供电距为 100cm,测量距为 2cm,测量环境为边长 150cm 的正方型水槽。

图 9 是两种不同性质的天然标本的双频激电相位对比图,从图可以看出,黄铁矿激电相位曲线在异常体上出现 $\phi_L \approx \phi_H$,反映其时间常数中等;石墨矿激电相位曲线在异常体上出现 $\phi_L < \phi_H$,反映其时间常数较大,故黄铁矿与石墨矿在双频激电相位曲线上表现的特征不一样,故可以通过分析双频激电相位的对比关系,获取不同激电异常体的时间常数信

维普资讯 http://www.cqvip.com

息,对其性质进行一定程度上的区分。

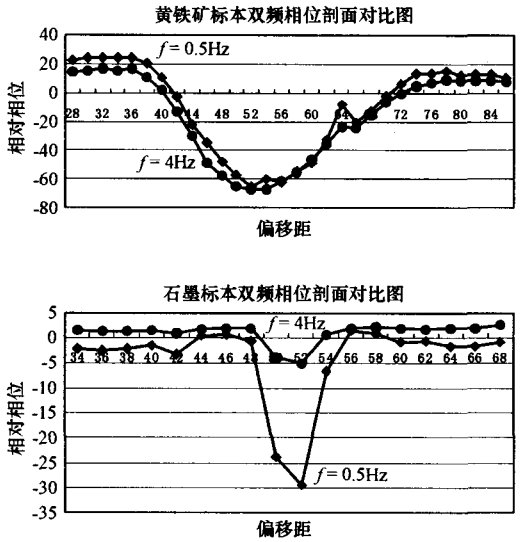

图9 天然标本双频激电相位对比图

5 双频激电相位法的特点

双频激电相位法是在双频激电法的基础上通过改变测量参数为激电相位而发展的一种激电法,故该方法同时具备双频激电法的一些优点。其基本原理为:同时供双频电流并同时观测双频电位相对于激励电流的相位差。通过研究两个频率的激电相位差,可以分析激电效应的强弱和激电异常体的时间常数大小。该方法还有如下优点:两种频率的频差可任意选择;无需稳流;观测装置轻便;抗干扰能力强;能作一定程度感应耦合校正等。其缺点有:为测量激电电位相对于激励电流的相位差,发送机与接收机必须同步,从而必须在收发设备上增加同步功能。

6 结论

通过上述对双频激电相位法的理论分析、数值模拟、物理模拟的结果研究,可以得出该方法在基本不增加双频激电法工作量的基础上,能达到反映地质体的激电效应的强弱和激电异常体的时间常数大小,从而能在一定程度上区分异常体的性质,为区分炭质岩石与金属硫化物提供了可能。

[参考文献]

[1] 何继善. 双频激电法[M]. 北京:高等教育出版社, 2005.
[2] 税蔚梅,译.(苏)库利科夫,A. B 舍米亚金 编. 相位激发极化法[M]. 北京:地质出版社,1984(2).
[3] 罗延钟,张桂青,编著. 频率域激电法原理[M]. 北京:地质出版社,1988.
[4] 刘春明. 伪随机多参数谱法研究[博士学位论文][D]. 长沙:中南大学,2006.
[5] 陈儒军. 伪随机多频电磁法观测系统[博士学位论文][D]. 长沙:中南大学,2003.
[6] 柳建新,刘春明,佟铁钢,等. 双频激电法在西藏某铜多金属矿带的应用[J]. 地质与勘探,2004,40(2):59-61.
[7] 柳建新,胡厚继,刘春明,等. 综合物探方法在深部接替资源勘探中的应用[J]. 地质与勘探,2006,42(4):71-74.
[8] 傅良魁. 激发极化法[M]. 北京:地质出版社,1982.
[9] 何继善,柳建新. 伪随机多频相位法应用简介[J]. 中国有色金属学报,2002,12:374-376.
[10] 陈儒军,何继善,白宜诚,等. 多频激电相对相位谱研究[J]. 中南大学学报(自然科学版),2004,35(1):106-111.
[11] 何继善. 伪随机三频电法研究[J]. 中国有色金属学报,1994,4(1):1-7.
[12] 王书民,雷达. 相位激电法(偶极—偶极)单频电磁耦合校正方法[J]. 物探与化探,2002,26(1):57-63.

PRIMARY DISCUSSION ON DUAL - FREQUENCY IP PHASE METHOD

LIU Chun - Ming[1,2,3], LIU Jian - Xin[1,2], HE Ji - Shan[1,2], WENG Jing - bo[1,2]

(1. *School of Info - physics and Geomatics Engineering, Central South University, Changsha* 410083;
2. *Hunan Key Laboratory of Non - ferrous Resources and Geological Hazard Detection, Central South University, Changsha* 410083;
3. *Postdoctoral Station of Mining Engineering, Central South University, Changsha* 410083)

Abstract: Dual frequency IP phase method is to analysis IP phase difference of low and high frequency. The method has the excellence of dual frequency IP method and phase IP method. Theoretical derivation, numerical simulation and physical simulation about dual frequency IP phase method are discussed in detail. It is shown that the method can reflect IP effect degree of certain geologic body and its time constant value. So, dual frequency IP phase method can be used to distinguish character of anomalous geologic body.

Key words: dual frequency, IP phase, IP effect, time constant, character distinction