

大地电磁场中磁信号的相对均匀性特征试验研究

杨 生

(有色金属矿产地质调查中心北京中色物探有限公司, 北京 100045)

[摘 要]根据同时实测的相距100km两观测点的电磁场信号,通过比较信号幅值、电磁信号相干性和电磁场相互替代计算视电阻率分析,得出了大地电磁信号中磁信号具有相对均匀性特征的结论,为一些MT勘探工程中需采用电磁分离布极观测提供了试验实例。

[关键词]大地电磁测深 电磁场信号 均匀性 相干分析

[中图分类号]P631.3 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2007)03-0065-03

0 引言

在大地电磁测深勘探中,普遍认为电场比磁场对地下电性特征反映灵敏,地电信息主要包含在电场信号中,磁场在一定的区域范围内是相对稳定均匀的^[1]。也正是基于这种认识,F X Bostick (1986)提出了电磁阵列剖面法(electromagnetic array profiling,简称EMAP)^[2],即为了提高勘探精度,在一个工作区密集布设电场观测站(一般点距200m),而仅仅设置一个共用磁场站。文献[1]通过讨论薄层电流产生的二次磁场,得出了在一维条件下地表实测的磁场只是一次场2倍的结论,与地下介质分布特征无关,磁场仅仅起到一个归一的作用。

上述理论假设是否成立?作者进行了一些试验研究。在苏北涟阜地区观测N63~324点(A点)4个(E_x^A 、 E_y^A 、 H_x^A 、 H_y^A)电磁场分量的同时观测了100km外另一点(B点)的4个分量(E_x^B 、 E_y^B 、 H_x^B 、 H_y^B),比较分析两点信号间的相关性,给出了磁场信号具有相对稳定均匀的一个实例。

1 不同观测点电磁信号的比较

因为实测的电磁信号是大量的时间序列信号,所以首先要将时间域数据采用FFT方法转换到频率域,高频段(大于6Hz)为分时段(每256个样为一段)转换,中、低频采用级联分样技术,即下一级的时间序列采样是由上一级时序逢二取一构成的,每36个样构成一个时序,每次只计算6次和8次谐波

的傅里叶系数,使频点按对数等间隔分布。截断效应和假频的消除分别采用了汉宁窗口法和怀特5点滤波法。

图1为两点的电磁场比较,相距100km的两测点磁场信号几乎一致,而电场信号则相差很大,特别是在中频段,不论是 E_x 还是 E_y ,两点的幅值最大相差达1个数量级。

2 不同观测点电磁信号的相干分析

在大地电磁测深中,二信号的相干函数 $\nu(f)$ 定义为:

$$\nu_{1,2}(f) = \frac{|P_{1,2}(f)|}{|P_1(f)| \cdot |P_2(f)|} \quad (1)$$

其中: $P_{1,2}(f)$ 为二信号的互功率谱, $P_1(f)$ 和 $P_2(f)$ 分别为二信号的自功率谱, f 为频率。相干函数等于1说明二信号完全相关,等于0说明二信号完全不相干。

图2为两点电磁场间的相干曲线,由图可见,两点磁场间的相干性远大于电场的。磁场的相干函数值在0.9以上,且频率越低,相关性越强,而电场的相干函数值普遍较低,特别是在中频段,小于0.25,几乎不相干。

3 两点间电磁场互换后计算的视电阻率

之所以研究磁场的相对均匀性,是因为在大地电磁测深勘探中,有些测点难以布设磁探头,需布设在距测点一定距离外。有些勘探工程,如水域MT

[收稿日期]2006-06-26;[修订日期]2006-09-04;[责任编辑]曲丽莉。

[作者简介]杨 生(1959年—),男,1982年毕业于中南大学,获博士学位,教授级高工,现主要从事应用地球物理勘探,特别是大地电磁测深法的理论研究及应用工作。

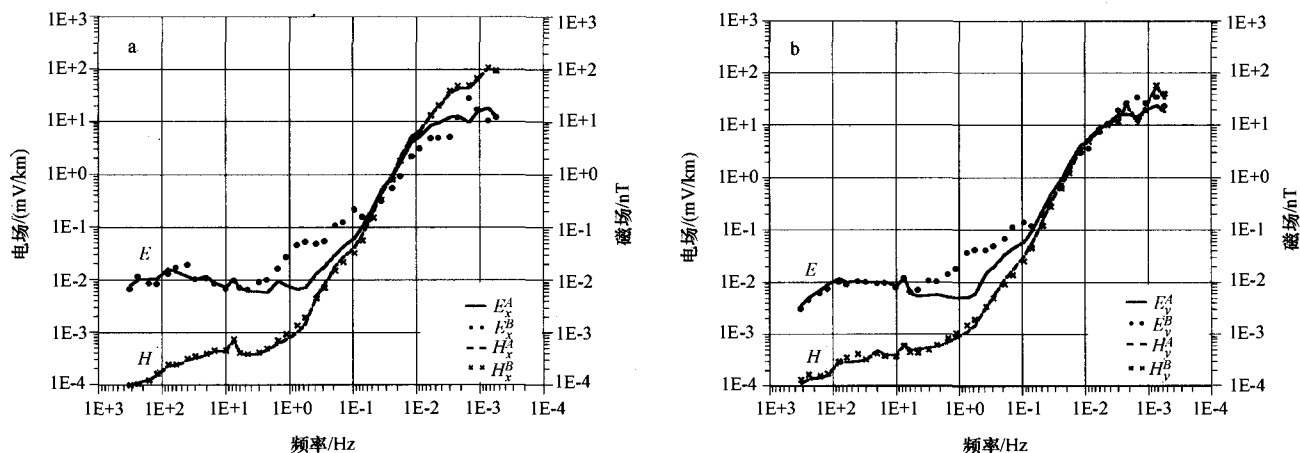


图1 相距100km两测点的电、磁场比较曲线

a. x 分量的电、磁场比较; b. y 分量的电、磁场比较

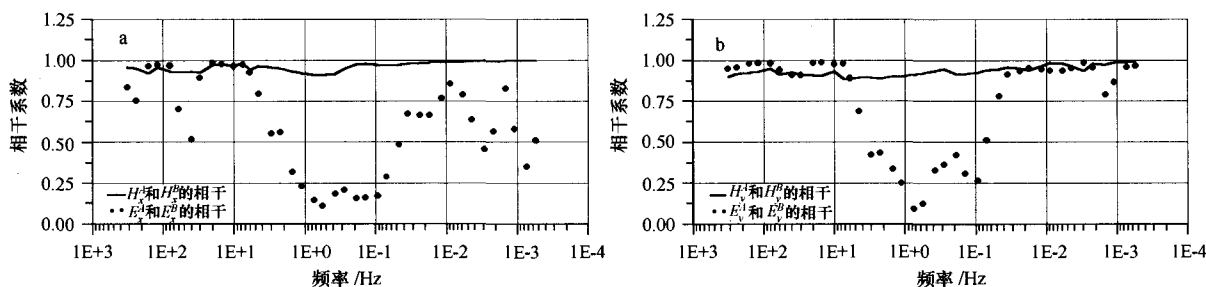


图2 两观测点电磁场间的相关函数

a. x 分量的电磁场相干曲线; b. y 分量的电磁场相干曲线

勘探,电极容易布设在水下,而目前使用的磁探头无法下水,只能布在岸上,这种情况下,所计算的视电阻率是否是勘探点的视电阻率,在此进行电磁场互换计算视电阻率的试验。

在频率域中实测点电磁场各分量($E_x(\omega)$ 、 $E_y(\omega)$ 、 $H_x(\omega)$ 、 $H_y(\omega)$)满足下列关系:

$$E_x(\omega) = Z_{xx}(\omega)H_x(\omega) + Z_{xy}(\omega)H_y(\omega) \quad (2)$$

$$E_y(\omega) = Z_{yx}(\omega)H_x(\omega) + Z_{yy}(\omega)H_y(\omega)$$

写成矩阵的形式:

$$E = ZH \quad (3)$$

其中:

$$E = \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$H = \begin{pmatrix} H_x \\ H_y \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$Z = \begin{pmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{pmatrix} \quad (6)$$

式(3)中的 Z 称为阻抗张量,它描述了地球系

统的传输特征,包含了关于地下电性结构的信息。由其计算的视电阻率为:

$$\rho_a(\omega) = |Z(\omega)|^2 / \omega \mu_0 \quad (7)$$

其中: $\rho_a(\omega)$ 为视电阻率(单位 $\Omega \cdot m$), $Z(\omega)$ 为阻抗张量, ω 为角频率, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ (H/m) 为磁导率。

图3a为测点A的视电阻率曲线,图3b是用A点的电场和B点的磁场代入式(2)后计算出的视电阻率曲线,图3c为用A点的磁场和B点的电场计算的视电阻率曲线,图3d为B点的视电阻率曲线,分析图3的结果可见,图3a和图3b一致,说明两点的磁场一致,而图3a和图3c相差较大,说明A、B两点的电场是不一致的,图3c和图3d的一致又说明了两点的磁场一致,地下的地电信息主要反映在电场中。上述试验结果说明,A、B两点的磁场是一致的,电场不同。

4 结 论

实际上,作者通过大量的试验均发现大地电磁

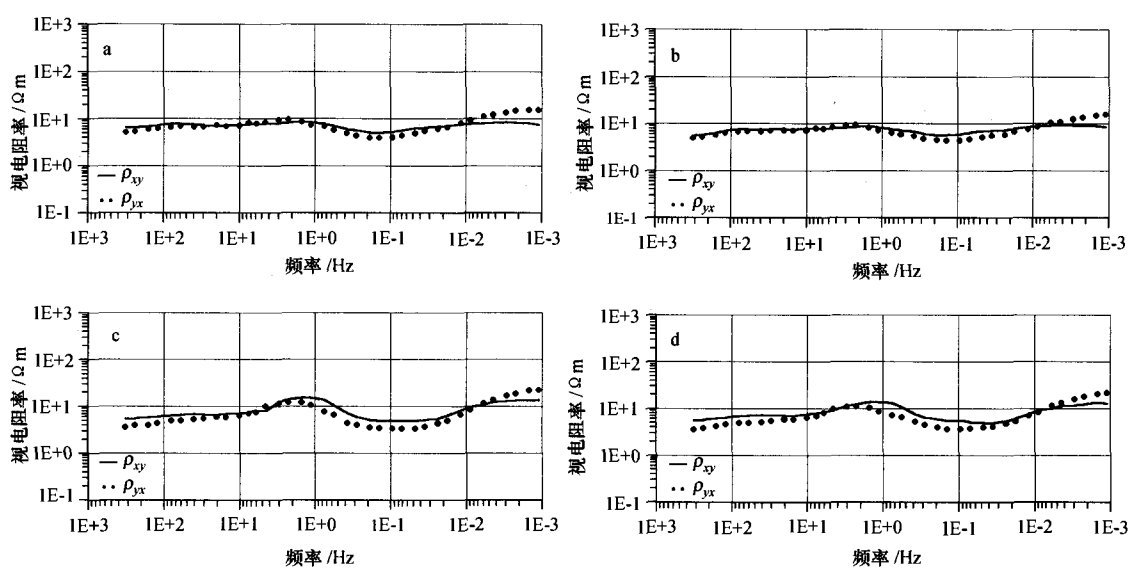


图3 视电阻率曲线
(a~d 注解见内文)

信号中磁场具有均匀性特征,该文为其中一例,相距100km 两测点的磁场信号具有较好的一致性。在MT 勘探中可能要用距测点一定距离外的磁场替代该地磁场,如电磁分离法的水域(湖泊、冰上、浅海) MT 勘探,将电场布在水下,磁场布在岸上。要试验说明勘探区的磁场具有一定的均匀性特征,文中给

出了说明磁场信号相对均匀性的方法。
[参考文献]

[1] 陈乐寿,王光镔. 大地电磁测深法[M]. 北京:地质出版社, 1990.
[2] Bostick F X. Electrmagnetic array profiling (EMAP)[A]. 56th Annual SEG Meeting[C]. Houston, 1986:42 -100.

RELATIVE HOMOGENEITY EXPERIMENT OF MAGNETIC SIGNAL IN MAGNETOTELLURIC FIELD

YANG Sheng

(Beijing Zhongse Geophysical Exploration Ltd. , China Survey for Nonferrous Metals Resource Geology, Beijing 100045)

Abstract: Based on electromagnetic signals received simultaneously from two observation sites away from 100km, by comparing signal amplitude and coherence and analyzing apparent resistivity computed with the replacing electromagnetic fields, it is concluded that magnetic signal in magnetotelluric field is homogeneous relatively. This result provides a living test example which adopts apart electromagnetic collection equipment in some MT exploration.

Key words: electromagnetic sounding, electromagnetic signal, homogeneity, correlation analyzing