

电偶源频率电磁测深二维阻抗视电阻率 计算的源效应校正法

林长佑 罗东山* 武玉霞 吕福林* 杨长福 陈军营

(国家地震局兰州地震研究所,兰州 730000)

摘要 研讨了频率域电磁法中不同源装置的大地电磁测深、线源频率电磁测深和偶极源频率电磁测深阻抗视电阻率的源效应影响特征。在唯象分析的基础上,提出了几种电磁测深法阻抗视电阻率的相互换算法——源效应校正法(大地电磁测深二维 TE 极化视电阻率和其它两种电磁法的赤道装置二维阻抗视电阻率)。模型试验表明,利用这一源效应校正法可以由大地电磁二维视电阻率近似地计算出线源频率电磁二维阻抗视电阻率。这一方法被尝试应用于由线源频率电磁二维阻抗视电阻率估算偶极源频率电磁二维阻抗视电阻率。

关键词: 频率测深 视电阻率 源效应校正法

1 引言

电偶源频率电磁测深的二维正演实质上是一个 2.5 维的问题,困难程度极大。国内曾有人试图利用有限元法进行二维模拟计算,但因未解决偶极源的问题,而只适于线源的情形^[1]。近年我们所进行的边界元二维模拟同样也未能解决偶极源的问题,也只适用于线源^[2]。

频率域的 3 种电磁测深法——大地电磁测深(MTS)、无限长线源频率电磁测深(ILS)和电偶源频率电磁测深(习惯上表示为 FEM)是具有不同的源场假定,建立在电磁波趋肤效应物理基础上的体积勘探方法。对于二维结构的地球介质,MTS 的 TE 极化视电阻率、ILS 和 FEM 赤道装置(线源和偶极源沿二维构造走向方向放置)阻抗视电阻率曲线,在不同观测频段显示出明显不同的特征。在高频远场区 3 种电磁法的源场假定近似等效,其视电阻率曲线趋于一致。随着观测频率降低(或后两种电磁法中源距的减小),3 种不同源场假定导致 3 种电磁法视电阻率曲线分离,并表现出极其不同的特征,这可唯象地归因于源效应影响的差异。

在 CSAMT 法中,人们曾试图将其过渡区和近场区观测的视电阻率曲线,通过校正转化为大地电磁视电阻率曲线,以便直接套用 MTS 的方法予以解释^[3]。这实质上也是不同电磁测深法视电阻率相互换算的源效应校正法。由于实际观测的地电模型是未知的,这一校正方法自然被认为是与模型无关的。从直观上看这一假定是不尽合理的,因为源效应影响应当是电磁波在地球介质内传播的“路径效应”,应该与地电结构模型有关。在进行电偶源频率电磁测深视电阻率的二维反演解释中,我们并未首先将观测的视电阻率曲线校正为 MTS 或 ILS 的视电阻率曲线,然后利用 MTS 或 ILS 二维反演加以解释。而是直接设计对 FEM 阻抗视电阻率

* 中国煤田地质总局甘肃煤田综合普查队

向中、低频方向延长。在横穿非均匀构造过程中显示出了某种近似同步的规律性变化,反映出二维剖面上的视电阻率曲线受到二维非均匀构造和源效应的双重影响。

3层高阻隆起(图2)和第2层中埋藏矩形非均匀低阻体(图3)的数字模拟情况与上述3层凹陷的情形相类似。

对于这两个模型的试验结果同样表明了线源二维视电阻率的源效应校正计算方法是基本有效的。除上述3个模型而外,我们还进行了其它一些二维层状非均匀模型的试验,如二维高阻非均匀体、源在不同位置的断层构造等,都获得了相类似的结果。

在所有试验中,仅在离二维构造横向突变点很近的观测点上源效应校正计算方法存在一定的误差(如图1和图2中 $R_0=2220\text{ m}$ 观测点,图3中的 $R_0=2250\text{ m}$ 观测点),且这一情况出现在源距较小时。具有较大误差的观测点都出现在离源跨过二维构造线处,且源一侧为低阻时误差较大,源一侧为高阻时误差较小,这很像是起因于人工源(源场尺度和源距为有限值)电磁法中的“影子效应(Shadow effect)”的影响^[6]。影子效应可以理解为地层波通过地球介质由源传播到观测点的路径效应,这一点由MTS和ILS二维模拟结果的对比可以看得很清楚。对于一个对称结构的

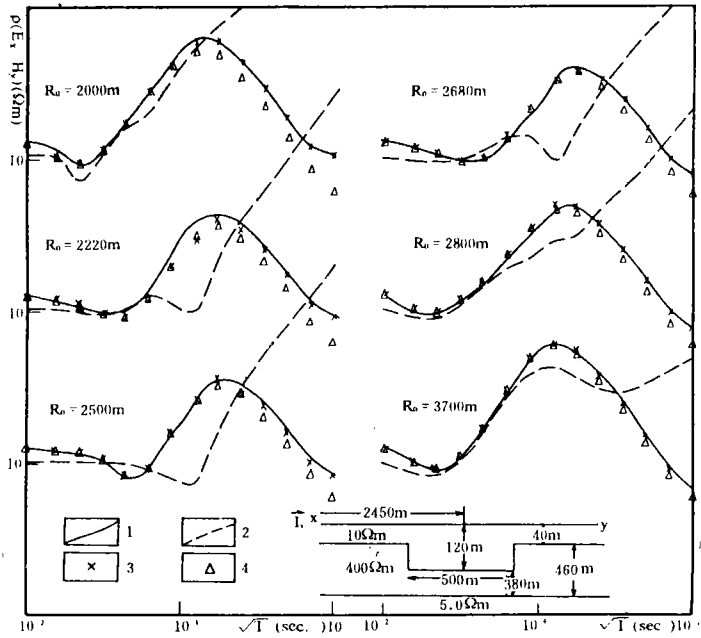


图1 3层低阻凹陷模型4种视电阻率曲线对比

1 ILS二维视电阻率; 2 源效应校正法计算出的FEM二维视电阻率; 3 源效应校正法计算出的ILS二维视电阻率; 4 有限元法计算出的MTS二维视电阻率

Fig. 1 Comparison of 4 kinds of apparent resistivity curves for 3-layers low-resistance depression model.

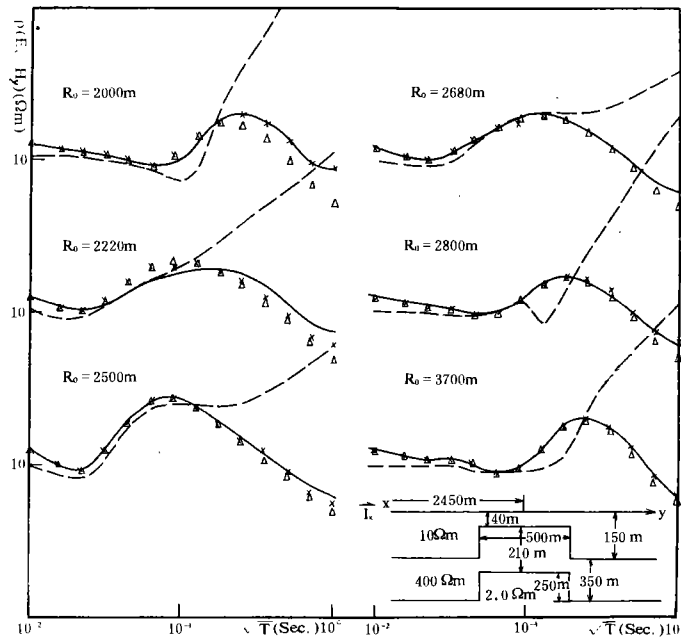


图2 3层高阻隆起模型4种视电阻率曲线对比(图例同图1)

Fig. 2 Comparison of 4 kinds of apparent resistivity curves for 3-layers high-resistance uplift model.

二维模型,在对称点上 MTS 具有完全相同的视电阻率曲线,而 ILS 的视电阻率则表现出明显的差异,除源距不同所产生的影响而外,显示出自源跨越非均匀构造的测点更多地受到源一侧介质电性分布的影响。以均匀平面波为源场的 MTS 并不存在影子效应,自然利用 MTS 二维视电阻率由源效应校正法计算 ILS 二维视电阻率则不可能对影子效应加以考虑。此外,这里用于源校正的等效一维模型是取自测点之下的,当测点离源跨越非均匀构造线不远时其近似性是较差的,可能是造成这些测点用源校正法计算出的二维 ILS 视电阻率误差较大的另一原因。此时利用一个考虑源一侧介质电性分布在内的加权或平均的一维模型,作为源校正计算中的等效模型或许对计算结果会有所改善。

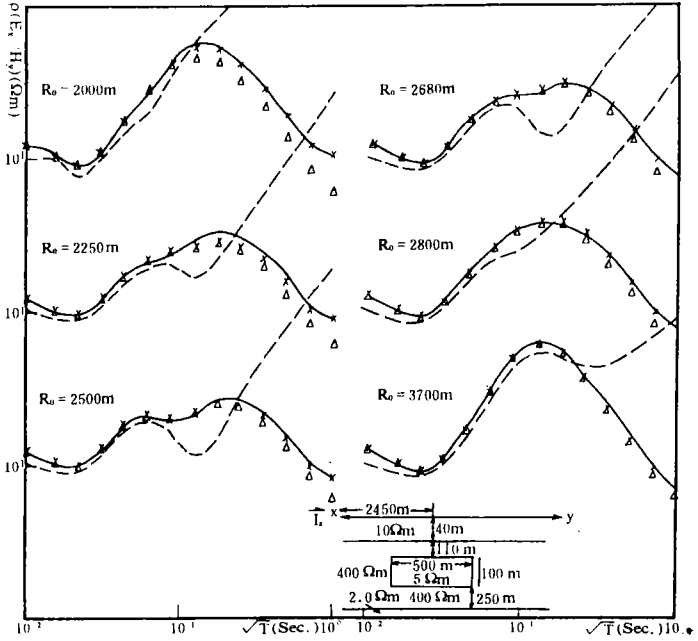


图 3 模型第 2 层含矩形低阻体 3 层构造 4 种视电阻率曲线对比(图例同图 1)

Fig. 3 Comparison of 4 kinds of apparent resistivity curves for 3-layers structure of rectangle low-resistance body in the 2nd layer of the model.

5 讨论

利用源效应校正法,由

(12)式第 2 式所计算的电偶源频率电磁测深二维阻抗视电阻率曲线也同时绘于图 1—3 中。遗憾的是,目前作者尚未见到 FEM 二维正演研究成功的极导,无法对这里所给的源效应校正计算方法进行直接模型试验的检验。但从源场的特征看来,ILS 和 FEM 之间的可类比性似乎优于 MTS 和 ILS 之间的可类比性,ILS 和 FEM 的二维视电阻率都受到影子效应的影响,且具有某些共同性的特征。因而,利用 ILS 二维视电阻率由源校正法计算的 FEM 二维视电阻率的近似效果应不劣于利用 MTS 二维视电阻率对 ILS 二维视电阻率的计算。当然其有效性的最终检验有待于 FEM 常规二维正演计算(如有限单元法、边界单元法或积分方程法等)研究的成功。若经最终检验 FEM 二维视电阻率源效应校正算法在一定精度要求下是可行的,而 FEM 二维常规计算又比较复杂且相当耗费机时(与 ILS 二维有限元相比较),这一源效应校正计算方法仍有其一定实际应用价值。

(本文 1994 年 2 月 22 日收到)

参考文献

- 1 陈明生,严又生. 二维水平电偶极变频测深阻抗视电阻率的有限元正演计算. 地球物理学报,1987,30(2).
- 2 马钦忠,钱家栋,林长佑. 二维频率测深边界单元法正演计算. 地球物理学报,(待发表).

- 3 Bartel L C and Jacobson R D. Results of a controlled—source audiofrequency magnetotelluric survey at the Puhimau thermal area, Kilauea Volcano, Hawaii. *Geophysics*, 1987, 52(5).
- 4 Price A T. The theory of magnetotelluric method when the source field is considered. *J. Geophys. Res.*, 1962, 67(5)
- 5 Srivastava S P. Method of interpretation of magnetotelluric data when source field is considered. *J. Geophys. Res.*, 1965, 70(4).
- 6 Boschetto N B and Hohmann G W. Controlled—Source audiofrequency magnetotelluric responses of three dimensional bodies. *Geophysics*, 1991, 52(2).

A SOURCE—EFFECT CORRECTION ALGORITHM CALCULATING 2—D IMPEDANCE APPARENT RESISTIVITY OF FREQUENCY ELECTROMAGNETIC SOUNDING WITH ELECTRICAL DIPOLE SOURCE

Lin Changyou Luo Dongshan* Wu Yuxia Lu Fulin* Yang Changfu Chen Junying
(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, Lanzhou 730000*)

Abstract

In this paper the source-effect characteristics of impedance apparent resistivity in magnetotelluric sounding (MTS), EM soundings with infinite line source (ILS) and electrical dipole source (FEM) which are EM soundings with different source equipments in frequency domain were discussed. On the basis of phenomenological analysis a algorithm for reciprocated calculation of apparent resistivities in several EM methods—the source-effect correction algorithm was given (the 2—D apparent resistivity of TE mode in MTS and the 2—D impedance apparent resistivity of equatorial equipment in ILS and FEM). The model tests show that using this source-effect correction algorithm and through the 2—D apparent resistivity in MTS, the 2—D impedance apparent resistivity in ILS can be calculated in a better approximate degree. This algorithm is applied to the calculation of the 2—D impedance apparent resistivity in FEM from the 2—D impedance apparent resistivity in ILS.

Key words: Frequency sounding, Apparent resistivity, Source-effect correction algorithm.

* Gansu Coalfield Research Party, CCGB, Tianshui 741002