

预报地震的地电阻率台址 电性结构特征参数的研究

薛顺章 张树勋 梁子彬 温新民 李 钢

(国家地震局兰州地震研究所,兰州 730000)

摘 要 以地下浅部水平层状介质模型为基础,依据电测深资料,计算研究了表征台址电性结构具有抑制干扰能力和映震能力的特征参数:干扰系数 α 、 γ 和异常系数 β 及其物理特性和应用。综合研究结果表明,特征参数比电测深曲线和电性参数更直观、定量地表征台址电性条件的优劣,应用更广泛。

关键词: 地电阻率 映震能力 成层介质 特征参数

1 引言

地电阻率预报地震的研究和实践表明,选择和建立优良的观测台址、布设合理的观测系统是成功的保证。地电台址条件的要求和标准是多方面的^[1~2],但电性结构条件是最基本的,也是重要的方面;本文计算和描述了表征台址电性结构条件优劣的定量化特征参数,并研究了其性质及其在预报实践中的应用。

2 地电阻率观测资料变化的物理特征及其与台址电性结构的关系

研究^[3]表明,地下浅部呈水平层状电性结构(假定各层厚度不变)各层的电阻率(或称等效真电阻率)随时间呈现不同的变化状态和物理过程。地表层的电阻率呈大幅度的干扰变化;随着深度的加大,较深层位电阻率的干扰变化逐渐减小;而勘探底层的电阻率基本无干扰影响,在地震前能显示较明显的异常变化。在多数台站,浅层地下水位随时间出现大幅度的升降变化,直接引起地表电性层厚度 h_1 的变化,改变了地下电性结构,对地电阻率观测资料产生干扰影响,也就是说地电阻率随时间的变化主要包含有地表层电阻率的变化、厚度的变化以及勘探底层电阻率的异常等变化成分。基本可用如下的方程表示出来:

$$\frac{\Delta\rho_s}{\rho_s} \approx \alpha\left(\frac{\Delta\rho_1}{\rho_1}\right) + \gamma\left(\frac{\Delta h_1}{h_1}\right) + \beta\left(\frac{\Delta\rho_n}{\rho_n}\right) \quad (1)$$

其中 $\frac{\Delta\rho_1}{\rho_1}$ 和 $\frac{\Delta h_1}{h_1}$ 分别为表层电阻率和表层厚度的变化量; $\frac{\Delta\rho_n}{\rho_n}$ 为勘探底层电阻率的变化量; α 、 γ 及 β 为相应的变化系数, α 及 γ 称为干扰系数; β 称为异常系数。

如果有:

$$\frac{\Delta\rho_1}{\rho_1} = 1, \quad \frac{\Delta\rho_n}{\rho_n} = 1, \quad \frac{\Delta h_1}{h_1} = 0$$

而其它电性参数无任何变化时,则有:

$$\frac{\Delta \rho_s}{\rho_s} = \alpha + \beta$$

并且当 $\alpha \ll \beta$ 时, 则有

$$\frac{\Delta \rho_s}{\rho_s} \approx \beta$$

也就是说, 这时地电台能基本观测到地下勘探底层电阻率与应力场作用有关的异常变化, 而不受表层电阻率干扰变化的影响。对一个地电台和某次地震来说, $\frac{\Delta \rho_1}{\rho_1}$ 、 $\frac{\Delta \rho_n}{\rho_n}$ 及 $\frac{\Delta h_1}{h_1}$ 是无法人为改变的, 因此要求 α 、 γ 越小越好, β 越大越好; α 、 γ 、 β 的大小及相互比例是表征地电台址电性结构条件优劣的特征参数和定量化指标。

3 计算处理特征参数的方法

地下浅部介质的电性结构表现为水平层状结构。对固定测区, 可首先利用电测深资料经过反演计算^[4]获得地下介质电性层参数 ρ_i 和 h_i ($i=1, 2, \dots, n$)。而在地表采用四极对称装置观测视电阻率 ρ_s 为

$$\rho_s = f(\rho_i, h_i, AB/2) \quad (i = 1, 2, \dots, n) \tag{2}$$

将(2)式微分得:

$$\frac{\Delta \rho_s}{\rho_s} = \left(\frac{\rho_1}{\rho_s}\right) \frac{\partial f}{\partial \rho_1} \left(\frac{\Delta \rho_1}{\rho_1}\right) + \left(\frac{h_1}{\rho_s}\right) \frac{\partial f}{\partial h_1} \left(\frac{\Delta h_1}{h_1}\right) + \left(\frac{\rho_n}{\rho_s}\right) \frac{\partial f}{\partial \rho_n} \left(\frac{\Delta \rho_n}{\rho_n}\right) \tag{3}$$

比较(1)、(3)两方程得:

$$\left(\frac{\rho_1}{\rho_s}\right) \frac{\partial f}{\partial \rho_1} = \alpha, \quad \left(\frac{h_1}{\rho_s}\right) \frac{\partial f}{\partial h_1} = \gamma, \quad \left(\frac{\rho_n}{\rho_s}\right) \frac{\partial f}{\partial \rho_n} = \beta \tag{4}$$

由公式(4)计算获得不同观测装置参数 $\frac{AB}{2}$ 的一系列 α 、 γ 及 β 数值, 并在双对数坐标纸上绘出它们与 $\frac{AB}{2}$ 之间的变化曲线(图 1、图 2)。

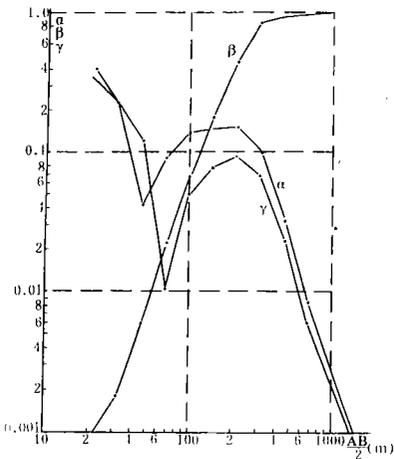


图 1 郫县台电性结构特征参数随 $\frac{AB}{2}$ 变化曲线

Fig. 1 The variation curve of electrical structural characteristic parameter with $AB/2$ at Pixian station.

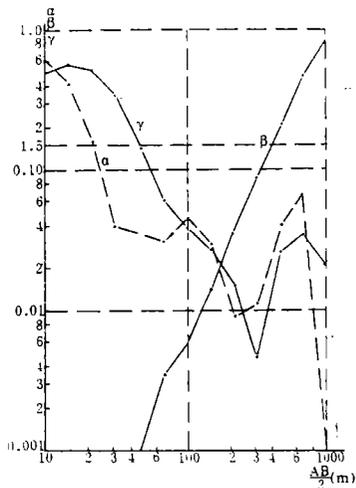


图 2 武都台电性结构特征参数变化曲线

Fig. 2 The variation curve of electrical structural characteristic parameter with $AB/2$ at Wudu station.

4 特征参数的物理特性

(1)经多台资料统计研究得出, α 与地电阻率观测资料的干扰变化幅度成经验关系(图3)

$$\left(\frac{\Delta\rho_s}{\rho_s}\right)_\alpha = 31.26(\alpha)^{0.57} \quad (5)$$

式中 $\left(\frac{\Delta\rho_s}{\rho_s}\right)_\alpha$ 为地电阻率多年平均干扰幅度; 因此由 α 大小可依据公式(5)计算该台未来观测中地电阻率干扰幅度的大小, 为选台建台或改造观测系统(装置)提供定量化依据; 而仅由电测深资料或地质资料是无法提供的。

事实上地电阻率干扰的大小同时受 α 及 γ 的影响, 根据多台的实验研究^[3], 可以用加权来计算某台地电的最大干扰幅度 $\left(\frac{\Delta\rho_s}{\rho_s}\right)_{max}$

$$\left(\frac{\Delta\rho_s}{\rho_s}\right)_{max} = 0.5\alpha + \gamma \quad (6)$$

本文用公式(6)计算出多台的最大干扰幅度并将其与各台的实际观测结果进行了比较(表1)。可以看出计算值与实测值基本接近。虽然临沂台估算值偏小, 而嘉峪关、高台两台估算值偏大, 这是对不同地理和气候条件干扰大小估计的偏差而产生的差异, 正说明了 α, γ 确实是台址本身固有的特征指标。

表1 最大干扰幅度 $\left(\frac{\Delta\rho_s}{\rho_s}\right)_{max}$ 的计算值与实测值对比表

台名	临沂	郟县	嘉峪关	高台	平凉	郑州	定西
α	0.36	0.060	0.11	0.137	0.013	0.10	0.008
γ	0.0405	0.043	0.34	0.036	0.0021	0.011	0
计算值	22.1%	7.3%	40%	10.4%	0.9%	6.1%	0.4%
实测值	28%	6.8%	27%	8.0%	1%	3.8%	0%

表2 二层介质中 β 值与第2层中电流比例 W 大小对比表

第2层电流比例值 W	98.0%	67.0%	9.0%
β	0.8739	0.648	0.0766

勘探底层电阻率的异常变化, 这就必须让人工电流的绝大部分流过该层介质。用 β 值大小就可以定量地表示这种效能的强弱。

(3) 对一个固定测区, α, γ 及 β 随供电装置参数 $\frac{AB}{2}$ 的增大出现有规律的变化, 并有起伏现象; 比电测深曲线要复杂和直观(图1和图2), 并能定量地对地电台址的电性结构条件优劣进

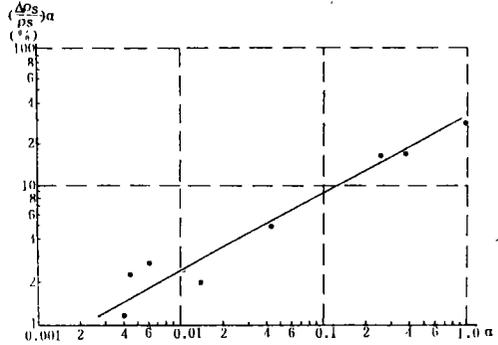


图3 地电干扰幅度与 α 的关系

Fig. 3 The relation between resistivity disturbance variation and parameter α .

(2) β 值大小定量地表征了地电台预报地震的效能。以二层水平介质模型为例, 计算出第二层介质中电流分布的比例 W 与该台对应的 β 值并对比看出(表2), β 值随 W 的增长而变大。为了观测到地震引起的地下

行评估。 α 和 γ 随 $\frac{AB}{2}$ 的增大而明显衰减,但在许多台仍会出现上升变化。这一特性定量地解释了依据电测深资料而无法解释的现象,如郑州台在 $\frac{AB}{2}=500$ m时观测到的地电阻率干扰幅度反而比 $\frac{AB}{2}=200$ m时要大,这是因为 α 和 γ 值偏高所致。

α 、 γ 及 β 曲线变化速率各处差异很大,它们相差几倍或几十倍。这一性质在选台建台和改造观测系统时极为重要。如依据电测深资料(曲线),为了压低干扰,通常供电极距 AB 越大越好。但往往出现大极距抑制干扰的能力也不高的情况,这是因为某段曲线变化速率数值极小而造成的。

(4)对比不同地电台的 α 、 γ 及 β 随 $\frac{AB}{2}$ 变化的曲线,可以研究和判断它们台址条件的优劣和差异。由图1和图2可以看出,干扰参数 α 及 γ 随 $\frac{AB}{2}$ 增大而衰减的速度的差异,武都台比郫县台要快得多。当 $\frac{AB}{2}=300$ m时,它们的干扰总量分别为0.012和0.12。计算表明,武都台干扰总量仅为郫县台的1/10,虽然武都台异常系数(0.080)比郫县台的(0.80)要小10倍。问题在于武都台在弱干扰背景下显示的异常容易识别而且可靠;郫县台在强干扰背景下(干扰量与异常量相当),难以有效识别前兆异常。诚然有时为了获得较弱的干扰背景,可以加大供电极距,但往往也会大大减弱观测信号(人工电位差)和增加供电线路漏电影响,致使观测质量大大下降。因此武都台的台址电性条件不仅能保证观测质量的提高,而且能保证前兆异常的有效和可靠,比郫县台要优越,1976年松潘7.2级地震前武都台地电阻率前兆异常明显可靠是个证明。

5 特征参数及其性质在地电预报研究和实践中的应用

5.1 α 、 γ 及 β 是评估和研究地电台址条件的重要指标

在地震预报中,地电台的映震能力和抑制干扰能力是很重要的指标。通常采用定性描述及多年资料的统计结果,给评估和研究台址条件的定量化和预估性带来了很大困难。依据 α 、 γ 、 β 曲线就能克服这方面的困难。

5.2 在建台或改造地电观测系统时,依据 α 、 γ 、 $\beta \sim \frac{AB}{2}$ 曲线,能定量有效地选择台址和设置观测装置系统

根据建台或改造的目标和要求,确定特征参数的大小或范围,考察和测量多个台址测区,依据电测深资料分别计算各个测区的 α 、 γ 及 $\beta \sim \frac{AB}{2}$ 变化曲线,并结合其他要求和条件,既要保证抑制干扰能力和映震能力,也要适应环境条件及经费条件,选择最佳台址,建立合理有效的观测系统。

5.3 特征参数可作为判断和核算地电阻率前兆异常的部分重要依据

通常在同一地电台不同测线地电阻率的干扰量与 α 、 γ 成正比,前兆异常量与 β 成正比。经过多条测线的对比分析,可判断异常的可靠性并核算异常量的大小。例如武都台 AB 测线地电阻率在1976年松潘地震前显示8%的下降变化,比其余三条测线异常幅度要大得多。各测线的 α 、 γ 、 β 大小的对比结果表明, AB 测线的 α 、 γ 比其他测线的要小得多,而 β 值要大得多,因此认为武都台 AB 测线的地电阻率在松潘地震前显示的异常是可靠的前兆异常。

6 结语

本文以地下浅部介质的水平层状电性结构为基础,依据电测深资料,计算获得地电台址的电性结构特征参数 α 、 γ 及 β ,这能比电测深资料更直观、定量地表征地电台址及地电观测装置的映震能力和抑制干扰的能力。 α 、 γ 及 β 物理意义明确,并具有多种特性,从而为评估和研究地电台址条件优劣、资料观测质量、前兆异常的可靠性等提供量化指标和依据,同时在选台建台或改造地电观测系统以及地电预报研究和实践中得到广泛应用。

(本文 1995 年 11 月 28 日收到)

参考文献

- 1 赵玉林,等.地电台的最佳台址条件.地震监测预报清理成果汇编.地震出版社,1988.170~179.
- 2 陈有发,等.地电阻率法的最佳观测条件.地震监测预报清理成果汇编.地震出版社,1988.180~185.
- 3 薛顺章,等.地电阻率预报地震新方法的研究.地震学报,1994,16(2):227~234.
- 4 河南省地矿局物探队.对称四级直流电测深正反演 PC-1500 机程序.物化探计算技术,1984,6(2):52~61.

STUDY ON ELECTRICAL STRUCTURAL CHARACTERISTIC PARAMETERS OF MEDIA UNDER GROUND RESISTIVITY STATION FOR EARTHQUAKE PREDICTION

Xue Shunzhang Zhang Shuxun Liang Zibin Wen Xinmin Li Gang
(*Earthquake Research Institute of Lanzhou,SSB, Lanzhou 730000*)

Abstract

Based on the model of horizontal layered media under ground and relevant electrical sounding data, the characteristic parameters such as disturbance coefficients (α , γ) and abnormal coefficient (β) which can represent the electrical structure of the media under station and have ability of restraining disturbance and reflecting earthquake are calculated, and their physical characteristics and application in earthquake prediction are also studied in this paper.

The results of comprehensive research show that the parameters mentioned above are more objective than electrical sounding curves and electrical parameters and have advantages of quantitatively representing the electrical condition of station and having more extensive application.

key words: Ground resistivity, Reflecting earthquake ability, Layered medium, characteristic parameter