

地电阻率年变化的一种物理解释

大柏舍台不同极距地电阻率观测结果

王 志 贤

(河北省地震局)

摘 要

本文通过河北省隆尧县大柏舍地电台不同供电电极距试验观测资料,与地下潜水水位动态的相关分析及数学模型计算结果,给出地电阻率年变化的一种物理解释,即认为大柏舍台地电阻率年变化是由于供电电极距短,勘探深度浅,从而受潜水动态影响的结果。为消除大柏舍台地电阻率年变化,应采用不小于1500米的供电装置。

地电阻率法预报地震于1967年在邢台地震区开始试验并开展观测工作。之后,在全国各地普遍开展。十多年来,随着观测资料的不断积累和方法的深入研究,发现有不少地电台(站)观测到了地电阻率随季节呈周期性变化。称此变化为地电阻率年变化。这种年变化对正确识别前兆异常,判断震情是一种严重干扰。因此,研究其物理原因,找出排除这种干扰的方法,对提高预测预报水平将是有益的。

由于各地电台(站)台址电性断面、水文地质条件、布极装置等不同,其地电阻率年变化的幅值和位相亦有差异。对地电阻率年变化的原因,有不少同志曾做过工作和讨论,认识是多样的。本文通过隆尧大柏舍地电台不同供电电极距试验观测资料,与地下潜水水位动态的相关分析和数学计算结果,提出地电阻率年变化的一种物理解释,即认为大柏舍台地电阻率年变化是由于供电电极距短,勘探深度浅,从而受潜水动态影响的结果。为消除大柏舍台地电阻率年变化,应采用不小于1500米的供电装置。

前 言

大柏舍地电台位于隆尧隆起的东南侧,隆尧县城南约三公里的大柏舍村。1967年建成并正式投入观测。布设有东西、南北两条测线,供电电极距均为1500米,测量极距500米。蓄电池做电源,DDC-2A型电子自动补偿仪观测。1979年4月将原测线移至村外开阔地,重新布设了不同极距不同方位四条测线,进行不同极距试验观测。其布极装置和测线方位东西向供电电极距1500米,测量极距500米,北东向供电电极距900米,测量极距270米;南北向供电电极距500

米, 测量极距200米; 北西向供电电极距300米, 测量极距100米。

试验观测结果

考虑到目前使用的仪器精度和人工读数误差, 一般认为地电阻率年周期性变化幅度大于百分之一者为电阻率有年变化, 变幅等于或小于百分之一者为年变化不明显或无年变化。

图1—a是大柏舍台1979年5月—1980年4月四条测线观测到的地电阻率五日均值曲线。除7月份资料有干扰外, 观测系统稳定良好, 资料连续可靠。从图可以看出, 不同供电电极距的观测结果有较明显的差异。东西向极距最长, 电阻率变化较稳定, 年变化幅度约百分之一, 年变化不明显; 北西向极距最短, 电阻率变化不稳定。春季以后, 电阻率大幅度增大, 9月份达最高值, 之后缓慢下降。曲线的形态变化呈现出明显的春低秋高似周期性特征。年变化幅度为百分之三左右, 年变化明显; 中等极距的北东、南北向侧线, 其电阻率年变化形态与北西向相似, 但变化幅度略小, 年变化

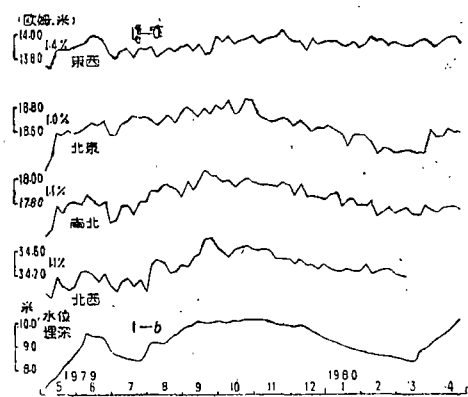


图1 电阻率、地下水位五日均值曲线

仍较明显。实测资料表明, 供电电极距短, 电阻率变化幅度大, 年变化明显。地电阻率年变化随着供电电极距的增大而减小, 当供电电极距大到1500米时, 其电阻率年变化幅度减小到百分之一, 年变化不明显。

地电阻率年变化原因的初步讨论

一、大柏舍台址下介质水平方向均匀性的讨论 上节得出地电阻率年变化幅度随供电电极距增大而减小的资料, 除电极距不同外, 四个测道的方向也是不同的。为此有必要讨论台址下介质各向异性对结论有无影响的问题。

图2是该台1975年东西、南北两条测线观测到的五日均值曲线。供电、测量极距均相同, 装置中心点重合, 探测深度亦相同。实测结果给出不同方向的电阻率绝对数值大体接近, 分别为13.00欧姆·米和14.00欧姆·米。其电阻率随时间的变化形态也基本相似, 年变化相对幅度均小于百分之一。资料表明大柏舍台址下水平方向介质具有大体相同的导电性能, 介质基本上是各向同性的。因此, 不同方位观测结果的差异主要是电极距不同所致。

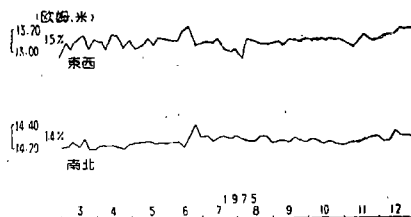


图2

二、地电阻率法是通过观测地表电场来了解电流在地下的分布状态, 从而了解地下介质的电性变化。电流在某层位集中的越多, 该层介质的电性变化就更能明显的影响地表电场, 该

层介质电阻率变化也才能被观测到。图3是大柏舍台南北方向垂向电测深资料。由于设备条件所限,曲线做的不完整,但结合当地钻孔资料定量分析所得结果,用于讨论现用装置观测到的资料仍可满足。根据电测深曲线和钻孔资料,该台台址下第一个电性层厚度约5米,是地表层,电阻率较高,为70欧姆·米;第二层为含水层,厚度约120米,其中可详分几个薄层,亚砂土和砂砾石互层,平均电阻率约25欧姆·米;第三层厚度近300米,亚砂土和亚粘土互层,夹有少量砾石薄层,电阻率较低,约10~12欧姆·米。钻孔资料给出基岩埋深约700米左右。电阻率法的

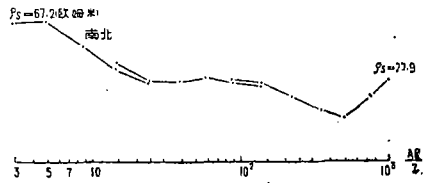


图 3

一个显著优点就是勘探深度一般随着供电极距的增加而增大。勘探深度决定于介质中电流分布状态,即电流能够达及的对测量结果起到积极作用的介质的总厚度。一般来说,供电极距越大,深层电流密度就集中的越多,研究的深度也就增大。据此认为,大柏舍台不同供电极距所探测的深度是不相同的。北西向短极距,其探测深度大体为数十米,由于第二电性层电阻率比第一层电阻率低,电流渗透系数大($1 - K_{12} \approx 1.5$),分布于第二层的电流比第一层的多,故第二层介质电性变化对观测结果影响就大。东西向长极距,探测深度要比北西向大,能够探测第二、三层介质电性变化。同样道理,第三层电阻率比第二层低,深部低阻层更能吸引电力线,电流多集中于该层,观测结果反映了第二、三层特别是第三层介质电性变化。居于中等极距的北东、南北向测线,其探测深度主要是第二层,但同时受第一层和第三层介质电性的影响。

上述资料分析表明,大柏舍台不同供电极距,观测结果不同,主要是由于供电极距不同,从而勘探深度不同所致。极距短,勘探深度浅,受地表季节性干扰就大,所以年变化幅度就大而且明显。极距长,勘探深度大,主要探测深部电阻率变化,表层季节性干扰对观测结果的影响相对较小,年变化幅度小而不明显。

三、如上所述,大柏舍台电阻率年变化是地表季节性干扰所引起。然而影响电阻率变化的季节性干扰因素很多,如气温、气压、降水、温度和潜水动态等。那一种起主导作用?经资料分析认为,湿度、潜水动态变化是引起大柏舍台电阻率年变化的主要原因。图1-b是该台附近地下水位观测曲线(注:为便于比较,曲线上升表示水位下降)。对比图1-a和1-b各条观测曲线,不难看出,水位变化和北西向电阻率变化有形态上一致性和时间上同步性特征。春季以后,地下水位大幅度下降,同期电阻率急剧增大。9月份,水位下降到最低水平,而电阻率同时达到最高值。之后,电阻率随着水位的缓慢上升而逐渐下降。水位和东西向电阻率则无明显相关。分析1979年5月~1980年4月电阻率与水位变化的相关关系,北西向的相关系数: $r_{NW} = 0.773$ (置信水平 $r_{0.05} = 0.250$),显著相关。其余各条测线的相关系数分别为 $r_{NE} = 0.743$, $r_{SN} = 0.790$, $r_{EW} = 0.517$,其中东西向相关系数最小。用最小二乘法求得北西向电阻率与水位之间的回归方程式为:

$$\rho_{NW} = 32.12 + 0.24h$$

式中, ρ_{NW} 是电阻率,单位欧姆·米, h 是水位埋深,单位是米,回归系数0.24,表示水位升高(或降低)1米时,电阻率减小(或增大)的欧姆·米数值。同理可求出其它各测线的回归方程式。扣除地下水位变化影响后的电阻曲线示于图4。从图可见,不同极距的各条曲

线变化稳定, 形态相似, 年变化幅度均降低到百分之一左右。

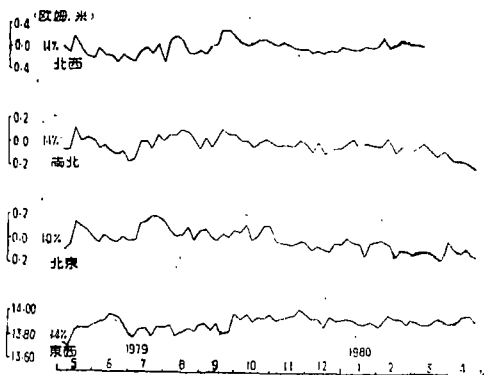


图 4

湿度	ρ_s
0.54	1.5×10^4
0.50	1.3×10^5
0.44	0.4×10^6
0.38	5.6×10^8

图表给出了岩石电阻率与其湿度之间的理论曲线和实验结果。由图表可以看出, 岩石电阻率随着湿度的增大而减小。尤其在低湿度范围内, 较小湿度的变化可以引起电阻率的急剧变化。地下水位升降运动, 直接影响着介质湿度的变化, 从而影响电阻率的变化。

变化。前已述及, 大柏舍台地下水位年动态变化范围正处于第二电性层顶部, 其升降运动影响着第一、二电性层的厚度和湿度, 于是就影响到电阻率的变化。地下水位下降, 使第二电性层厚度减小。低阻层变薄, 第一层则相对增厚。主要探测第一、二层的北西向电阻率就增大。反之, 地下水位上升, 第二层变厚, 第一层变薄, 低阻层变厚使电阻率减小。东西向长极距, 因主要探测深部介质电性变化, 从而很少或不受地表水位季节性变化所干扰, 故电阻率无明显年变化。

为了进一步说明地下水位变化对不同极距测线电阻率影响的差异, 这里以水位年变幅三米计, 对不同供电极距用二层断面模型进行定量估算。二层断面公式为:

$$\rho_s = \rho_1 \left[1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{12}^2 \Lambda^3}{(\Lambda^2 + 4n^2)^{3/2}} \right]$$

式中, ρ_1 是第一层介质电阻率, $\Lambda = \frac{AB}{2h_1}$ (h_1 是第一层厚度, AB 是供电极距离);

电流反射系数 $K_{12} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1}$ (ρ_2 是第二层电阻率)。对水位两极值点不同 AB 极距的电

阻率计算结果, 其相对变化为: 北西向短极距 4.65×10^{-3} , 东西向长极距 1.94×10^{-4} 。结果也同样表明, 水位变化对短极距测线电阻率的影响比长极距的要大。需要指出, 计算结果与实测资料在数量上还有些差异, 这可能是在计算中仅考虑到水位变幅大小的影响。实际上, 即使在潜水面以下, 介质也不是饱和状态, 也还有孔隙而不充水。潜水面的升降运动, 也会影响这些介质孔隙湿度的改变, 其电阻率亦发生相应变化。另外, 也许还有其它影响因素而未计入。因而实测结果偏大, 估算结果小是完全有可能的。

实测资料、相关分析和数学计算结果均一致表明, 大柏舍台短极距测线地电阻率年变化, 是由于供电极距短, 勘探深度浅, 此时地下水位年动态变化影响所致, 是一种季节性干扰。随着供电极距的增大, 同一地下水位年动态变化, 对电阻率的影响变小的事实表明, 只要选择足够大的 (等于或大于 1500 米) 供电极距, 加大勘探深度, 便可将这种季节性干扰压低到百分之一以下。

排除地表季节性干扰，消除地电阻率年变化，对于识别前兆异常，正确判断震情是十分重要的。

(本文1980年8月收到)

A PHYSICAL EXPLANATION OF ANNUAL VARIATION OF EARTH RESISTIVITY —OBSERVATIONS AT DABOSHE STATION OF EARTH RESISTIVITY

Wang zhi-xian

(Seismological Bureau of Hebei Province)

Abstract

Through correlation analysis and mathematical model ^{calculation} computation of ^{to} the observed data of earth resistivity with different electrode spacing ~~carried out~~ at Daboshe Station, Longyao County of Hebei province, a physical explanation of the annual variation of earth resistivity is proposed. ^{considers} It is highly probable that the annual variation of earth resistivity is caused by the effect of change in ground water level resulting from the close electrode spacing used. To avoid such interference, the electrodes should be spaced at least 500 meters from one ^{to} another (the overall dimension should be at least 1500 meters) at Daboshe Station.

^{that} Due to the electrode space is ^{is} shorter as the season and sounding depth is shorter.