

研究简报

视电阻率变化与地下水位定量关系的探讨

刘 心 恒

(云南省地震局)

摘 要

本文以三层电剖面模型计算出由于电剖面参数变化而引起的视电阻率变化,进而说明因地下水位变化所引起的视电阻率变化是可能估计的。

根据这个结果能够确定出由于地下水干扰所引起的视电阻率异常幅度,这将有利于视电阻率变化与地震关系的定性、定量分析研究。实际工作表明,视电阻率变化很复杂,许多因素都会使视电阻率发生变化,但水的影响很重要,因此,研究这个问题有重要意义。

一、前 言

寻求观测台站附近浅部地层视电阻率 ρ_k 变化与地震关系的研究,已有近二十年历史。但如何排除干扰,提取与地震有关的信息,至今研究不多。由于干扰因素复杂,只能逐一研究。这里先对水这个重要影响因素进行试探。过去在物探上有过一些三层量板,如文献[1, 2]等,计算的仅是少数特殊情况,且所用的参数多与浅层实际电性情况差别很大,难以使用。因此,计算出一套适合浅层电性情况的量板,对地下水干扰的定量研究是必要的。

二、视电阻率函数的表达式

实际工作中,我国常用的供电极距为 1000m 左右,因此探测体主要是覆盖层,对基岩的埋深较浅地区亦可探到部分基岩。这里假定覆盖层为均匀介质,这样被地下水淹没部分的地层,由于岩石含水量发生变化,其电阻率也就随之而变,使覆盖层成了二层剖面。如果被探测到的这部分基岩也是均匀的,那么探测体就成为 H 型的三层介质。一旦地下水位变化,一、二两层的厚度就要发生变化, ρ_k 也就随之而变。

按图 1 所示的各种参数,从文献[3]可知测量电极 M 总电位应有如下形式:

$$U = \frac{1}{2\pi\sqrt{r^2 + z^2}} + \int_0^\infty B_1(m)(e^{-mz} + e^{mz})J_0(mr)dm \quad (1)$$

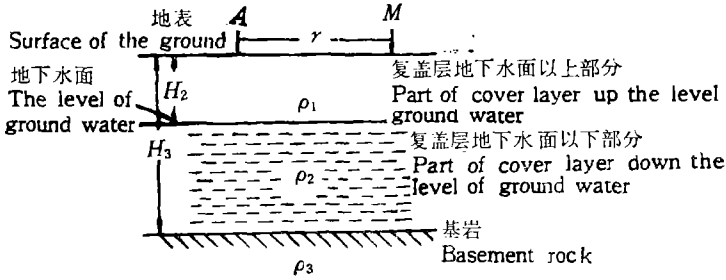


图 1

其中

$$B_1(m) = q \frac{k_{12}e^{-2mH_2} + k_{23}e^{-2mH_3}}{1 - k_{12}e^{-2mH_2} + k_{12}k_{23}e^{-2m(H_3-H_2)}}$$

$$q = \frac{\rho_1 I}{2\pi}$$

I A 点电流强度

$$k_{12} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1}$$

$$k_{23} = \frac{\rho_3 - \rho_2}{\rho_3 + \rho_2}$$

经过一系列变换计算之后便有

$$U = \frac{\rho_1 I}{2\pi} \left[\frac{1}{r} - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{b_n}{\sqrt{r^2 + (2nH_0)^2}} \right] \quad (2)$$

式中 $b_n = f\left(k_{12}, k_{23}, \frac{h_1}{h_0}, \frac{h_2}{h_0}\right)$ 称为发射系数, 由循环公式确定. 这里 h_1 即上述 H_2 , h_2 是 $H_3 - H_2$, h_0 是 h_1 和 h_2 共同的度量, 即 $h_1 = P_1 h_0$ 和 $h_2 = P_2 h_0$, P_1, P_2 为整数.

对 MN 间距相对于 AB 间距较小的 $AMNB$ 的极装置, 视电阻率便有以下形式:

$$\rho_k^{AMNB} = \rho_1 \left\{ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{b_n r_{A0}^3}{[r_{A0}^2 + (2nH_0)^2]^{3/2}} \right\} \quad (3)$$

这里 $r_{A0} \simeq \frac{AB}{2}$.

三、量 极

对于三层剖面电性应有 A, H, K, Q 四种类型, 但较为常见的为 H 型, 所以计算采用 H 型. 考虑沉积岩孔隙度, 特别是土壤孔隙度, 由于许多地区地下水位多在浮土层中波动, 故取覆盖层孔隙度为 30—70%, 相应的 ρ_1/ρ_2 约为 1.2—2.5 (取 1.2, 1.5, 2.0 和 2.5 等). 另外, 由于基岩一般均较覆盖层电阻率为高, 计算取 ρ_3/ρ_2 为 1.5, 2, 3, 5 和 10 等. 针对各地基岩埋深的不同, 取 H_3/H_2 为 10, 20, 30, 50 和 100 等. 为计算简便, 考虑 MN 较小的情况, 利用 (3) 式, 按上述参数计算便得到 H 型三层量板几十幅. 其部分列线图示

于图 2 和图 3。量板精度以考虑我国目前所采用的装置大小及所能达到的观测精度为准。

此外,量板也能用于求取由于地震、地壳运动或其它原因所导致的中间层电阻率改变对 ρ_k 观测值的影响(如图 4)。

四、讨 论

从量板出发,只考虑 $r/H_2 > 0$ 情况。至于 $r/H_2 < 10$ 情况,由于 AB 极距实际均较地下水位埋深大得多,因此这里不作讨论。不难看出,由于地下水位变化引起的 ρ_k 变化与几种参数的关系存在以下诸特点:

1. 当覆盖层的地下水面以上部分与以下部分的电阻率比值 (ρ_1/ρ_2)、基岩与覆盖层的地下水面以下部分电阻率比值 (ρ_3/ρ_2) 一定时,对于固定装置, ρ_k 的变化是随基岩埋深与地下水面埋深比值 (H_3/H_2) 的减小而增大(见图 2)。

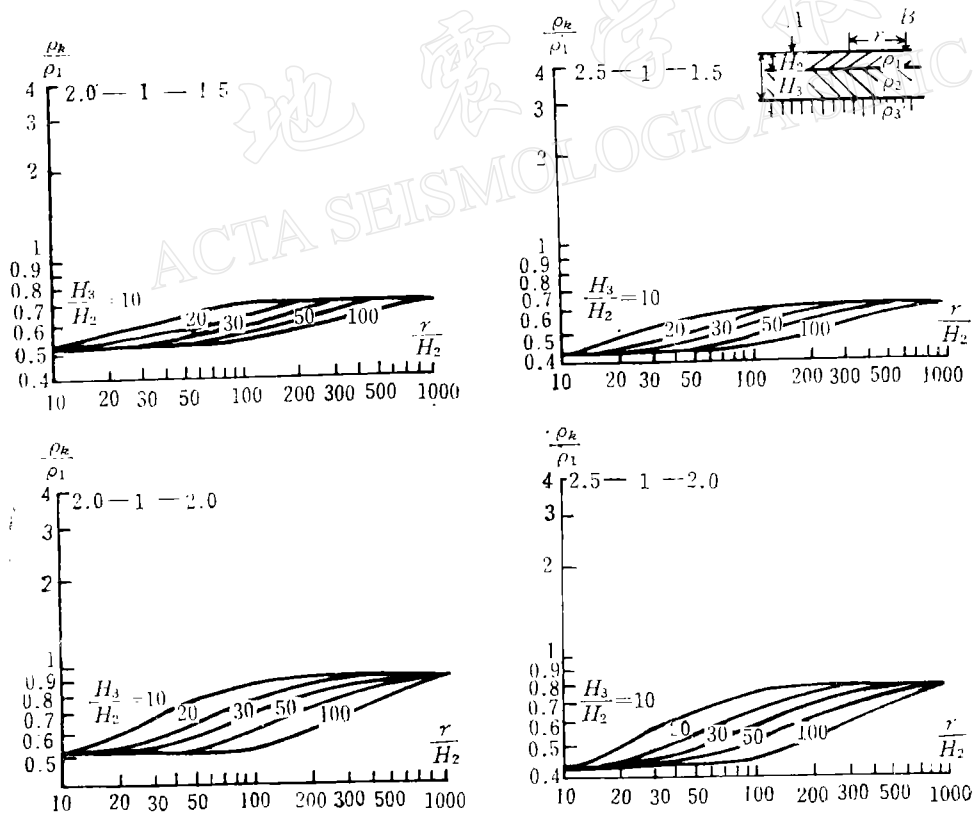


图 2 浅层电性剖面三层量板 I 部分列线图

(左上方数字 2.0—1—1.5 为 $\rho_1/\rho_2-\rho_2/\rho_3-\rho_3/\rho_2$ 是列线图名称)

Fig. 2 Three-layer nomograph for shallow electrical profile (part I)

(The upper left number 2.0—1—1.5 is the name of the nomograph)

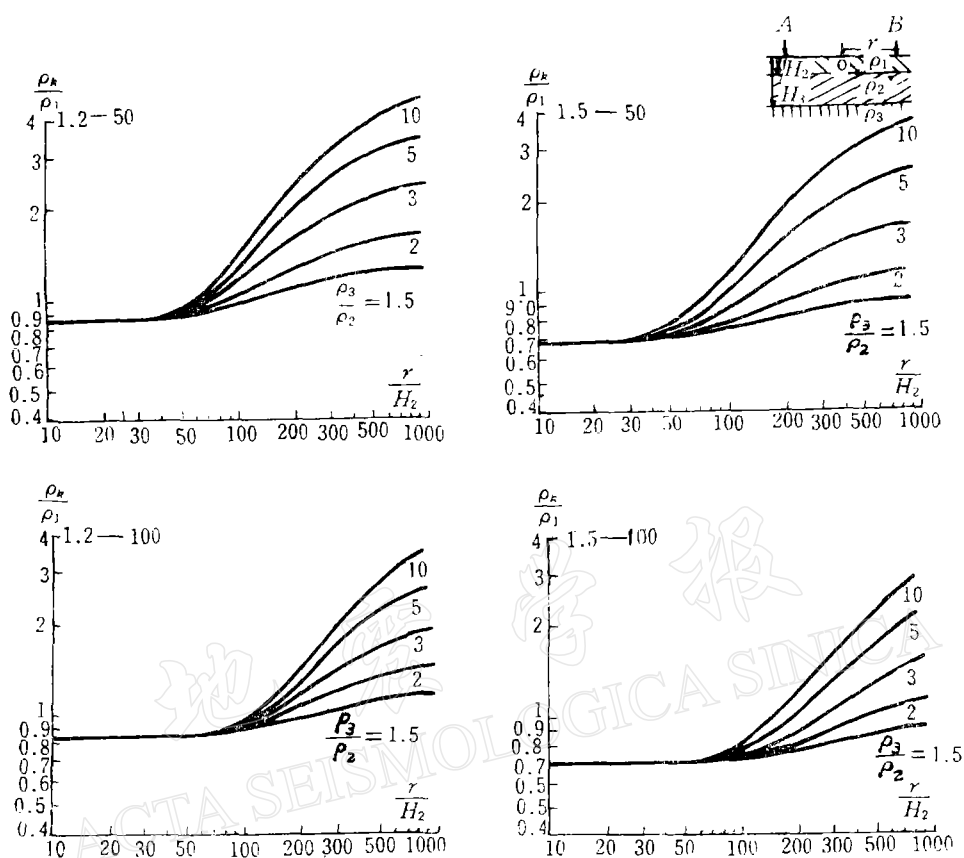


图3 浅层电性剖面三层量板 II 部分列线图

(左上方数字 1.5—50 为 $\rho_3/\rho_2-H_3/H_2$ 是列线图名称)

Fig. 3 Threelayer nomograph for shallow electrical profile (part II)

(The upper left number 1.2—50 is the name of the nomograph)

2. 在 ρ_1/ρ_2 , H_3/H_2 值一定, ρ_3/ρ_2 值增加时, ρ_k 将随 r/H_2 的增加, 而迅速增大(见图 3)。

3. 当 r/H_2 超过 H_3/H_2 值的 60% 后, ρ_k 才随 r/H_2 加大略有变化; 当 r/H_2 超过 H_3/H_2 后, ρ_k 有明显变化(见图 3)。

4. 当 r/H_2 大于 10—20 倍 H_3/H_2 时, ρ_k 随 r/H_2 变化非常缓慢。超过 30 倍后, ρ_k 与 r/H_2 的变化基本无关(见图 2)。

5. 在 ρ_3/ρ_1 , H_3/H_2 一定, ρ_1/ρ_2 增加时, ρ_k 随 r/H_2 变化的曲线形态相似, 但曲线越来越下降(见图 4)。

6. 当 ρ_1 、 ρ_3 相等且不变时, ρ_k 随 ρ_1/ρ_2 减小而增大。但对 $r/H_2 > 10(H_3/H_2)$ 的装置, ρ_2 的微小变化, 可不予考虑(见图 4)。

对于具体台站而言 (ρ_1/ρ_2 , ρ_3/ρ_2 , r 和 H_3 是固定的), 如果 ρ_1 基本不变, 那么 ρ_k 只随 H_2 的变化而变化。

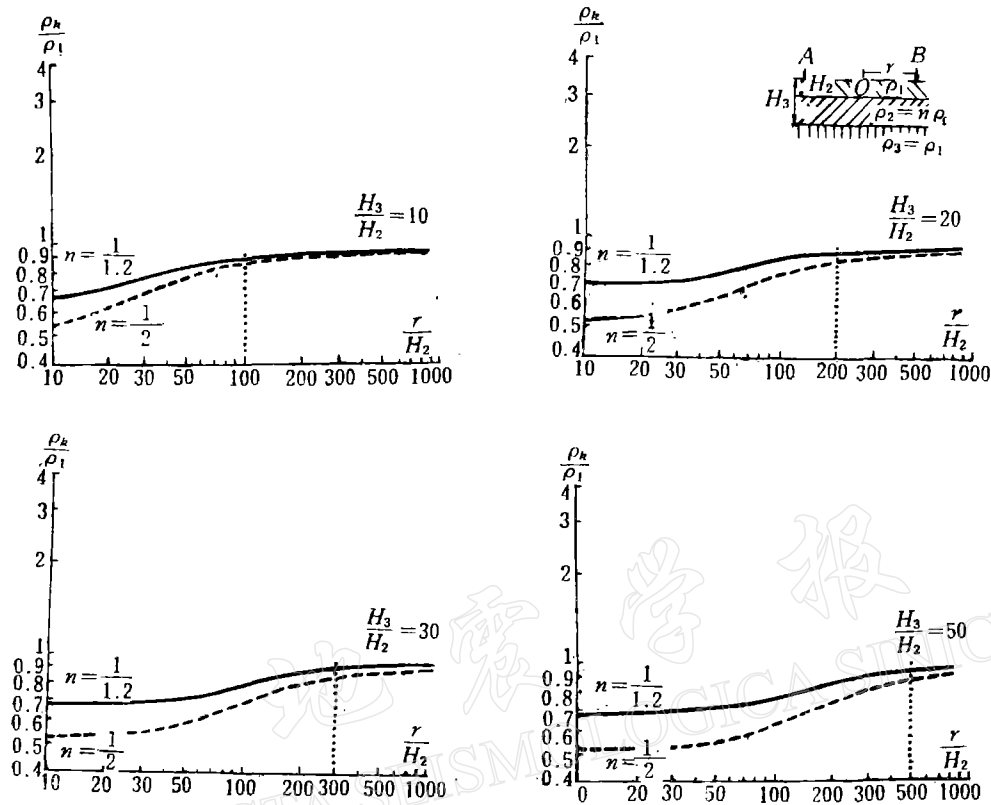


图 4 不同 ρ_2 的 ρ_k 随 r/H_2 变化曲线

Fig. 4 Variation of ρ_k with r/H_2 for different ρ_2

五、结 论

从以上讨论可知，地下水变化对 ρ_k 观测值的影响，有可能从以往长期停留在定性分析阶段走向定量化阶段。为减小地下水波动造成的影响，应适当加大极距，当加大到 $r/H_2 > 30(H_3/H_2)$ 时，地下水位波动引起的视电阻率变化可以忽略。但对于较短的极距，水的影响是不能忽视的。

参 考 文 献

- [1] Дахнов, В. Н., Альбом Палеток Типичных Теоретических Кривых Вертикального Электрического Зондирования Таб. 4—14, гостоптехиздат, 1953.
- [2] Пылаев А. М., Руководство по Интерпретации Вертикальных Электрических Зондирований, 10—25, госгеоиздат, 1948.
- [3] Дахнов, В.Н., Электрическая Разведка Нефтяных и Газовых Месторождений, гостоптехиздат, 73—87, 1953.

A PRELIMINARY STUDY ON THE QUANTITATIVE RELATION BETWEEN VARIATION OF APPARENT RESISTIVITY AND GROUND WATER LEVEL

LIU XINHENG

(Seismological Bureau of Yunnan Province)

Abstract

With a three-layer resistivity model, calculation has been made in this paper of the variation of apparent resistivity due to change of resistivity profile parameters. It can be shown that the variation of apparent resistivity caused by the change of the ground water level may be estimated.

With this result one can determine the amplitude of the anomalies of apparent resistivity caused by change of ground water level, thus facilitating qualitative or quantitatively analysis of the relation between resistivity variations and the occurrence of earthquakes. It has been found that the variation of apparent resistivity is very complicated. There are many factors which may cause variations of apparent resistivity, but water is a very important disturbing agent. Therefore, it is perhaps of great significance to study this problem.