

## 江宁台地电阻率前兆的数值模拟研究

### 1. 引言

为了适应地电阻率法预报地震的需要,许多学者已在地电阻率理论计算方面进行了深入研究。文献〔1〕给出了水平层状介质视电阻率的不同计算方法,并对各种方法的计算精度作了评价;文献〔2〕则对地电阻率随时间的变化作了数值模拟。在此思想影响下,本文试图对江宁地电台作一些理论计算,以讨论江宁台具体电性剖面条件下地表视电阻率的变化规律,进而对南黄海6.2级地震前江宁台的地电阻率前兆进行数值模拟,寻找江宁台定量识别地电前兆的途径和方法,为今后实际预报服务。

### 2. 江宁台不同电性层地电阻率变化的数值模拟

根据江宁台EW向实际电测深曲线,反演了该台的电性参数。解释结果表明,江宁地电台为三层电性剖面。第一层: $\rho_1=42\Omega\cdot m$ ,  $h_1=20m$ ;第二层: $\rho_2=20\Omega\cdot m$ ,  $h_2=22m$ ;第三层: $\rho_3=157.1\Omega\cdot m$ 。解释结果与实测结果相对均方差小于2%。根据这一结果,对不同层位的电性变化在地表观测中产生的影响进行了数值模拟。全部计算采用核函数一滤波系数法,具体则使用了文献〔3〕的程序。模拟时认为电性层厚度不变化。

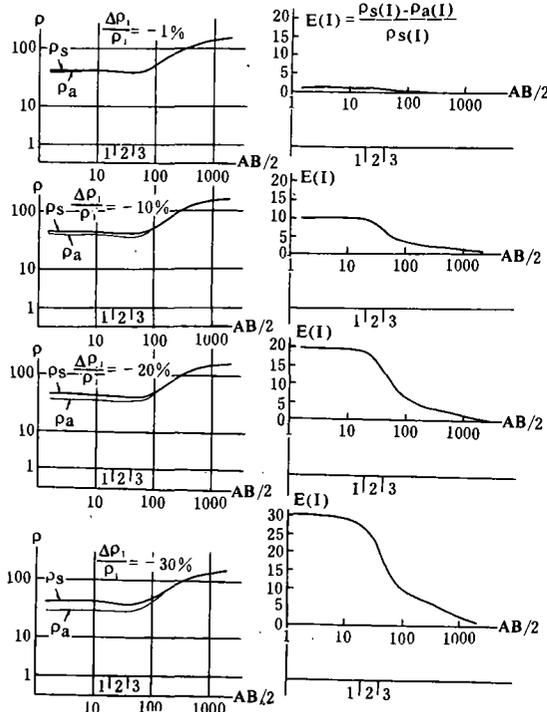


图1 江宁台浅层理论视电阻率曲线 $\rho_a$ 及其相应的变化幅度曲线 $E(I)$

$\rho_s$ 为标准理论电测深曲线;  $\rho_a$ 为 $\rho_1$ 变化后的理论电测深曲线

(1) 首先计算浅层真电阻率 $\rho_1$ 由-1%变化到-30%时(其它参数不变),视电阻率 $\rho_a$ 的理论电测深曲线。图1给出了部分计算结果及其相对原测深的差值曲线 $E(I)$ 。从图1可以看出:1)随着浅层真电阻率变幅增大,对地表大极距观测的影响也越大。例如(供电极距的一半) $\frac{AB}{2}=461.1$ 米时,当 $\rho_1$ 变化-1%时, $\rho_a$ 只变化-0.14%;当 $\rho_1$ 变化-10%时, $\rho_a$ 则变化-1.24%;若 $\rho_1$ 变化-30%, $\rho_a$ 则变化-4.64%。2)浅层真电阻率变化对 $\rho_a$ 的影响随极距的增加而减少。例如,当 $\rho_1$ 变化-30%时,小极距的 $\rho_a$ 变幅均大于-27%;而 $\frac{AB}{2}=461.1$ 米的 $\rho_a$ 变幅只有-4.64%;当 $\frac{AB}{2}$ 增大到1000米, $\rho_a$ 的变幅降到-2.31%。目前的

研究表明, 浅层真电阻率变化主要由季节变化、灌溉、抽水等因素引起, 因而造成了台站背景的年变形态。江宁台在实际观测极距下 ( $\frac{AB}{2} = 500$  米),  $\rho_a$  年变幅约在  $\pm 3\%$  之间。而且  $\rho_a$  在 5 月—9 月份为低值, 11 月份至第二年 4 月为高值。将上述数值模拟结果与实际情况对比, 可以推断, 若  $\rho_a$  的年变完全由浅层真电阻率变化产生, 那么浅层真电阻率的变幅约在  $\pm 25\%$  左右。

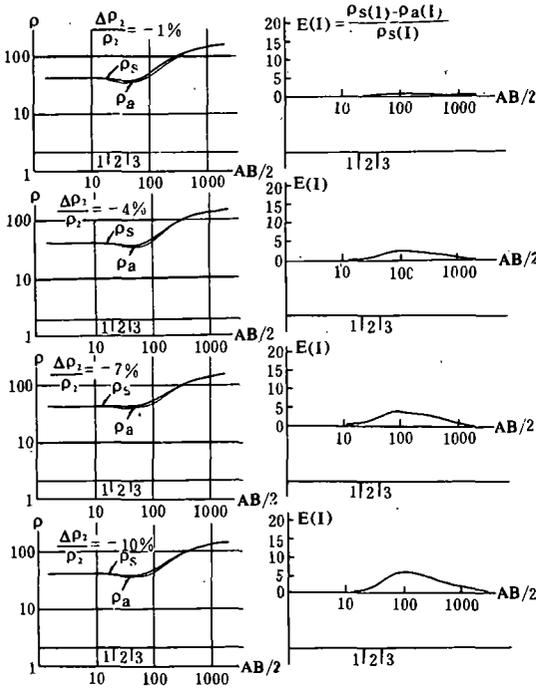


图 2 江宁台第二电性层的理论视电阻率  $\rho_a$  曲线及其相应变化幅度曲线  $E(I)$

(2) 计算第二层真电阻率  $\rho_2$  由  $-1\%$  变化到  $-10\%$  时 (其它参数不变)  $\rho_a$  的理论曲线。图 2 给出了部分计算结果。由图可见, 中间层真电阻率变化对视电阻率  $\rho_a$  的影响, 随极距增加呈两头小、中间大的特点。即中间层变化对某一些观测极距的影响大, 而对比其更小或更大极距的影响都小。例如当  $\rho_2$  变化  $-10\%$  时,  $\frac{AB}{2}$  小于 21.54 米的所有小极距上, 其  $\rho_a$  变幅均小于  $-1\%$ ; 而在  $\frac{AB}{2}$  为 31.62 米—681.2 米时,  $\rho_a$  变幅为  $-2.09\%$ — $-5.56\%$ ; 当极距继续增大到  $\frac{AB}{2} = 2154$  米时,  $\rho_a$  变幅反而下降到  $-0.48\%$ 。由此可以看出, 在江宁台的实际观测中, 第二层电性变化的影响是不容忽略的。

(3) 计算第三层真电阻率  $\rho_3$  由  $-1\%$  变化到  $-10\%$  时 (其它参数不变)  $\rho_a$  的理论曲线。图 3 为计算结果。当  $\rho_3$  变化  $-10\%$  时,  $\frac{AB}{2} = 464.1$  米的  $\rho_a$  相对变化为  $-6.48\%$ 。而同样变幅的第一、二层真电阻率变化只能在这一极距的  $\rho_a$  中产生分别为  $-1.24\%$  和  $-5.56\%$  的变化。由此可以认为, 当变幅相同的情况下, 深层真电阻率  $\rho_3$  的变化对地表观测影响最大。因而在江宁台实际观测中, 出现偏离正常形态的异常时, 要更多注意其对深部信息反映灵敏的特点。

### 3. 南黄海 6.2 级地震前江宁台地电阻率前兆的数值模拟

严格地讲, 要准确地地区分地表  $\rho_a$  观测中各电性层的贡献比例, 只有通过多极距观测并反演才能解决。目前江宁台没有多极距观测系统, 但是江宁台各电性层变化对地震观测的影响有其自身的特点。可以利用这一特点, 达到定量分析地电前兆的目的。

1984 年 5 月 21 日南黄海 6.2 级地震前, 江宁地电阻率显示了约  $-6\%$  的下降异常, 异常持续时间为 17 个月 (图 4)。异常为地震前兆的可靠性拟通过数值模拟加以说明。计算中遵循以下两条原则: (a) 表层引起的年变化是经常起作用电性变化; (b) 考虑到南黄

海地震的震级和江宁台的震中距，地震在台站探测体内产生的真电阻率变化不会太大，根据已有震例和实验室研究，估计要低于-4%。在上述两原则的基础上，取两种模拟途径加以比较。

(1) 认为第一层真电阻率变化是地表  $\rho_a$  年变化的原因。根据对  $\rho_1$  数值模拟的结果，取  $\rho_1$  年变幅约为  $\pm 25\%$ ，月变幅大致为  $\pm 3\%$ ，且取1983年元月—8月为下降变化，9月至1984年5月为相对上升变化。这样大体形成了观测值  $\rho_a$  的年背景变化。对第二、三层的电性变化，取1983年元月—8月为线性下降，月变幅分别为  $-0.375\%$  和  $-0.5\%$ ，而9月到1984年5月为相对平稳阶段。文献〔4〕对一些震例统计后认为，在地电阻率年变化不明显的地电台站或测线，地电阻率前兆形态呈下降—平稳—下降的过程。

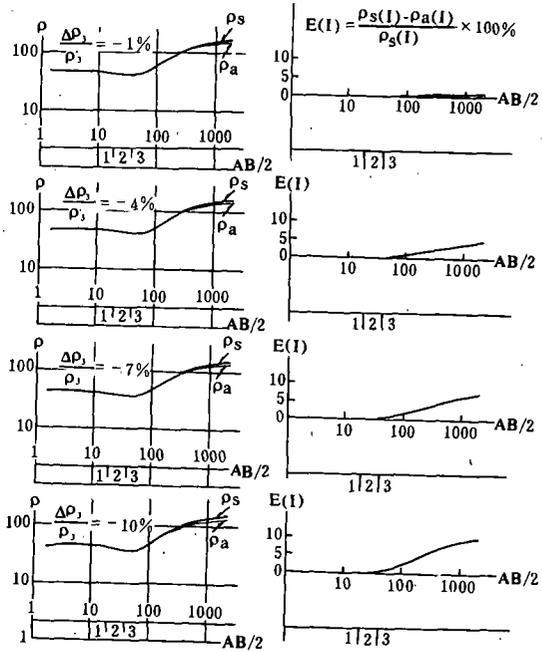


图3 江宁台第三电性层理论视电阻率曲线  $\rho_a$  及其相应的变化幅度曲线  $E(I)$

图4的异常表明江宁台在南黄海地震前的变化也大体如此，故在数值模拟中假设一个平稳阶段。根据以上假设，对江宁台各电性层的变化进行随时间的数值模拟，其结果也示于图4中。

(2) 第一层电性变化同上，只是第二、三层的电性变化从1983年元

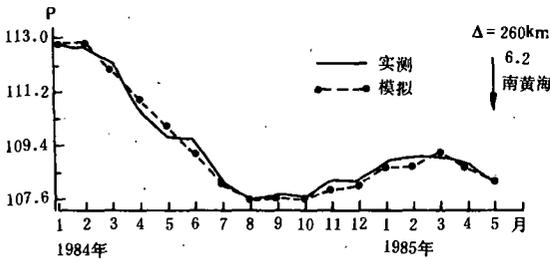


图4 南黄海6.2级地震前，江宁台地电阻率变化曲线

月—8月取为下降变化，平稳阶段取为9月—11月，11月后至南黄海地震前仍取为继续下降。月下降幅度第二层为  $-0.176\%$ ，第三层为  $-0.235\%$ 。与第一种模拟途径的区别在于平稳阶段取在两个下降阶段中间。模拟计算结果示于图5。

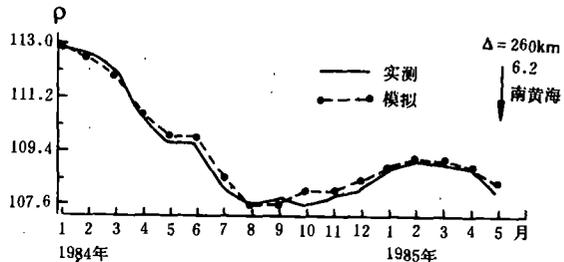


图5

比较图4与图5，不难看出，后一种模拟结果更接近于实际曲线，并且后一种模拟中

台站下方探测体的前兆真电阻率变化量为 $-2.3\%—3\%$ ,比第一种模拟途径的变幅小(前一模拟途径的真电阻率变幅在 $-3\%—4\%$ 之间)。由此可见,南黄海6.2级地震前江宁台地电阻率的下降异常不是表层季节变化所致,而是由探测体内 $-2.3\%—3\%$ 的真电阻率下降变化产生,由于该台对第三层介质的电性变化反映灵敏,所以这一异常是来自深部的信息,即异常为地震前兆的可能性较大。

#### 4. 结语

以上分析表明,用数值模拟方法定量分析江宁台的地电阻率变化,这对于识别异常与干扰、分清异常是震兆变化还是非震变化是十分有用的。在没有多极距观测的台站,利用台站自身的电性结构特征,作定量计算,这在日常地震预报中是完全必要的,也是可能的。

(本文1990年12月11日收到)

(南京市地震办公室 杨建军)  
(江宁县地震办公室 胡厚华)

#### 参考文献

- [1] 钱家栋等,水平层状介质视电阻率的高精度计算公式及其误差分析,西北地震学报,Vol. 8, No. 2, 1986.
- [2] 钱家栋等,地电阻率的数值模拟和多极距观测系统,地震学报,Vol. 10, No. 1, 1988.
- [3] 葛为中等,水平层状介质电阻率测深正演程序,物化探计算技术,增刊第4期,1986.
- [4] 国家地震局地电清理工作领导小组,地电阻率研究现状与在地震预报中的效能,地震监测与预报方法清理成果汇编(地磁地电分册),地震出版社,1988.

### NUMERICAL SIMULATION AND RESEARCH OF EARTH RESISTIVITY PRECURSORY AT JIANGNING STATION

Yang Jianjun

(Seismological Office of Nanjing City, Jiangsu, China)

Hu Houhua

(Seismological Office of Jiangning County, Jiangsu, China)