



## 地电观测中的一种新物理模拟法

### 1. 引言

地震预报中的地电法观测研究已经普遍开展,并取得了一定的效果。但是,由于震源区孕震环境的复杂性以及干扰因素的多样性,人们需要了解地电台址下勘探体积内电阻率的分层情况,从而设法从自然正常的背景值上分离出地震前的地电信息。由于野外地质情况复杂,仅仅依靠天然电性观测已不能满足地震预报的需要,而且借助于计算模型也只能解决一些简单的地层模型的电性研究问题。此外,由于模型计算总是要作各种简化,因而只能反映模型的某些主要特点,要解决复杂的地层模型是很困难的。因为复杂地电断面是无法单从数学上加分析的,所以利用物理模拟实验来研究复杂地电断面的视电阻率值分布,日益引起人们的关注。

文中提出了一种适合于复杂地电断面的物理模拟法—冻胶有限电阻率模拟法,并对该方法的模拟原理、方法技术以及模拟结果作了阐述。该方法具有模拟精度高、效率高,易于模拟与浅源地震孕育有关的断层电场分布等优点。

### 2. 模拟实验原理及方法

#### (1) 实验原理

冻胶模拟法以“相似性”原理为实验依据。对于二层介质断面,当点电源在双层水平介质上时,其视电阻率表达式为:

$$\begin{aligned} \rho_s &= \rho_1 \left\{ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \right)^n \cdot \frac{r^3}{[r^2 + (2nh)^2]^{3/2}} \right\} \\ &= \rho_1 \left\{ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{\mu_2 - 1}{\mu_2 + 1} \right)^n \cdot \frac{1}{[1 + (2nh/r)^2]^{3/2}} \right\} \\ \rho_s/\rho_1 &= 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{\mu_2 - 1}{\mu_2 + 1} \right)^n \cdot \frac{1}{[1 + (2nh/r)^2]^{3/2}} \end{aligned}$$

式中  $\mu_2 = \rho_2/\rho_1$ 。由上式可见,地电断面的模拟原理比较简单,因为  $\rho_s/\rho_1$  值只与  $\rho_2/\rho_1$ 、 $h/r$  的值有关,而与  $\rho_1$ 、 $\rho_2$ 、 $h$  和  $r$  的大小无关<sup>[1]</sup>。

#### (2) 冻胶有限电阻率溶液的制作及造型方法

冻胶可用多种胶体物质制成。本文采用的冻胶由琼脂制成。琼脂是由多醣类组成的天然产物,将琼脂加一百倍的水煮沸后成粘液,冷却后成固体。这可以弥补利用土槽、水槽进行有限电阻率模拟时遇到的造型困难以及电阻率不易控制和介质不均匀的缺欠。

一般在1000ml自来水中加入25~30克琼脂而配制的溶液,其电阻率值大约为14欧姆·米左右,而如果在溶液中加入一定数量的电介质(例如硫酸铜、氯化钠等)后,可使冻胶溶

液电阻率值有规律地下降，最低可达零点几欧姆·米<sup>1)</sup>。因此，在进行实际地电断面模拟实验时，可以通过在冻胶溶液中加入一定数量的电介质来获得所需的电阻率值。

进行模拟实验时，人们可以根据所要模拟的实际地电断面形状，选取一定的比例尺，并在电解槽中制作模型。然后，根据地电断面与围岩介质的电性差异，配制好琼脂与电介质，并将其煮沸成液体，倒入模型中，待完全冷却后再去掉外形。对于复杂的地电断面，可以采用逐步造型并进行适当修整，使其成为具有一定硬度和一定电阻率差异的符合野外实际地电断面的模型。

这种模型溶液可以多次使用，即下次再做实验时，只要把原来模型打碎，加热并根据新模型的需要，再加入一些新的琼脂或电介质来提高或降低溶液电阻率，就可做成新的地电模型。

### (3) 实验装置及测量方法

实验观测方法一般视所观测的地电断面不同而异。对于垂直走向布极的二度地电断面应采用1/4空间观测法。而对于平行或斜交于二度地电断面走向布极及一般的三度地电断面应采用1/2空间观测法。观测仪器只要采用直流电法仪器就可以了。

### 3. 冻胶模拟法的模拟精度评价

在物理模拟方法中，人们往往对模型的稳定性极为重视。为了评定模型电阻率是否稳定，笔者对同一模型作相隔不同时间的重复观测。实验表明，相隔20小时，其两次观测之间的均方相对误差为4.3%，可见模型的电阻率变化不大，完全能满足野外一般测量速度要求。

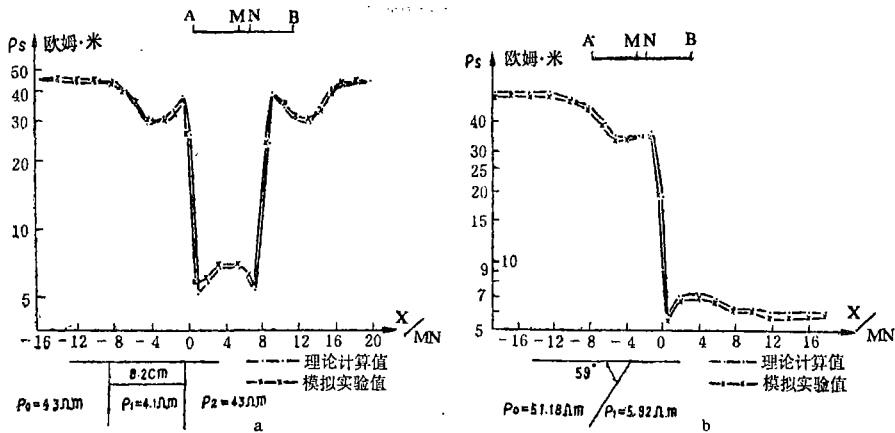


图 1

- a. 两个分界面的模拟曲线与理论曲线对比
- b. 倾斜断层的理论计算与物理模拟曲线对比

图 1 a 是出露地表的二个分界面的理论计算与物理模拟实验结果对比<sup>[1]</sup>。图 1 b 是倾斜断层的理论计算曲线<sup>[2]</sup>与物理模拟曲线的对比结果。

上述结果表明，这种物理模拟方法完全能满足实验室和野外实际工作的精度要求。

### 4. 复杂地电断面的模拟结果

1) 史磷华，三层斜触层的电测深及有限电阻率模拟实验，中南矿冶学院研究生毕业论文，1983。

### (1) 复杂地电断面的视电阻率模拟曲线

图2是利用冻胶法模拟存在导电复盖层时的倾斜断层的四极对称装置的 $\rho_s$ 曲线。如果将其模拟结果与图1b相比较,就会发现存在导电复盖层时,曲线变得平缓。因此,很难根据曲线特征来辨别倾斜层的倾向。

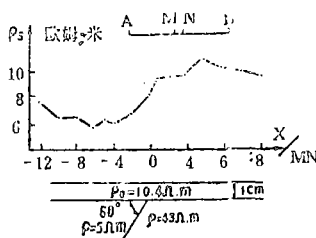


图2 具有导电复盖层时倾斜断层模拟曲线

### (2) 三层倾斜层的电测深模拟曲线

图3是拉线垂直于倾斜层走向的理论计算与模拟实验对比曲线。测深点离倾斜层的顶端距离 $DX$ 分别为2cm、5cm( $DX$ 与测量、供电电极距的量纲单位相同)。

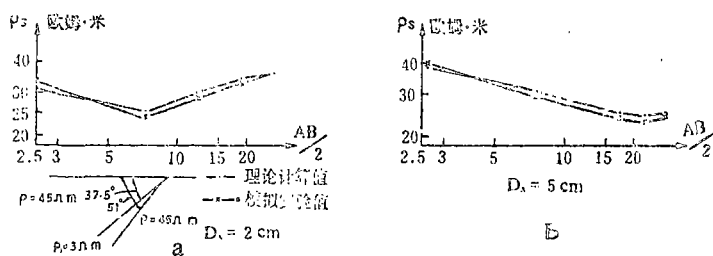


图3 拉线垂直于倾斜层走向的电测深理论计算与模拟对比曲线  
a.  $DX = 2$  cm    b.  $DX = 5$  cm

从图中可见,理论计算曲线与模拟实验所获曲线吻合较好。而且离倾斜层的顶端越远,吻合程度越好。二条模拟曲线与理论计算曲线之间的均方相对误差都小于5%。可见,将冻胶模拟法应用于电测深的模拟也是成功的

图4是拉线平行于倾斜层的模拟测深曲线与理论计算结果对比。测深点离倾斜层的顶端距离 $DX$ 分别为10cm、15cm( $DX$ 与供电、测量电极距量纲单位相同)。模拟时,第二、三倾斜层由冻胶溶液构成,第一倾斜层由自来水构成。从图中可见,理论计算曲线与模拟实验曲线吻合很好,完全能满足野外精度要求。

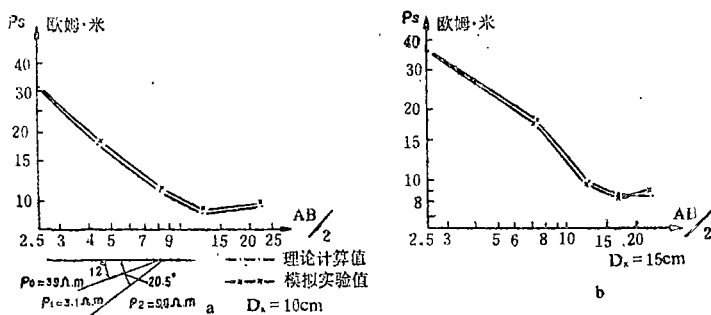


图4 拉线平行于倾斜层走向的电测深理论计算与模拟曲线对比  
a.  $DX = 10$  cm    b.  $DX = 15$  cm

## 5. 结语

综上所述,冻胶有限电阻率模拟方法对于解决理论计算所无法解决的震源孕育区的复杂电断面的研究问题是可行的。因而,为进一步解决复杂地质条件下电性结构模拟研究提供一

条途径。

文中的模拟实验方法的提出得到程方道、曾宪明等同志的指导和帮助，王洪涛、唐元苍同志对本文提出了宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

（福建省地震局 史磷华）

（本文1985年5月8日收到）

#### 参 考 文 献

〔1〕中南矿冶学院，金属矿电法勘探，冶金出版社，1980。

〔2〕屈超纯，角域非均匀介质点电源场电位分布，应用数学学报，№4，1978。

#### A NEW PHYSICAL MODELLING METHOD FOR GEOELECTRIC SURVEY

Shi Linhua

(*Seismological Institute, Seismological Bureau of Fujian Province*)