

电阻率测深曲线解释的数值差分法

杜 荣 光

(西南有色地质勘查局物探队 ,云南 呈贡 650500)

摘要 :结合差分法在电法找水中的作用 ,实践证明数值计算方法对资料处理、提高资料的信噪比有一定的参考价值。

关键词 :电阻率 ,数值差分法 ,测深曲线

中图分类号 :P631.3 文献标识码 :A 文章编号 :1000-8918(2000)06-0448-03

在物理场作用下 ,地球物理勘探中所观测到的数据 ,往往因为信噪比低而难于提取有用信息进行解释、推断。为提高电阻率测深的解释推断水平 ,从数据处理、信息提取入手 ,尝试将数值计算方法应用于电阻率测深 ,并在生产实践中取得了明显的地质效果。下面以数值差分法为例做介绍。

1 数值差分法在电阻率测深中应用的基本思想

当较强的区域场中叠加较弱的局部场时 ,等值线只表现为局部发生微弱的弯曲 ,并未形成封闭。如果对数据做二阶微分处理 ,则区域场受到压制而局部场得到突出 ,并且多个相互叠加的异常也得到了分离 ,有利于分层的解释推断。由于观测到的是离散数据 ,二阶微分运算可以用二阶差分运算来近似。

通过差商的极限来定义导数

$$f'(x_i) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_i + \Delta x) - f(x_i)}{\Delta x}, \quad (1)$$

运用 Taylor 展开可得

$$f'(x_i) = \frac{\Delta f(x_i)}{\Delta x} + o(\Delta x), \quad (2)$$

式中 $\Delta f(x_i)$ 为向前差分 ,当步长 Δx 充分小时 (2) 式中右边第二项趋于零 ,则

$$f'(x_i) \approx \frac{\Delta f(x_i)}{\Delta x}; \quad f''(x_i) \approx \frac{\Delta^2 f(x_i)}{\Delta x^2}.$$

当步长 Δx 呈等距变化时 , $f''(x_i) \approx k \cdot \Delta^2 f(x_i)$,其中 $k = 1/\Delta x^2$ 。

由导数的定义可知 ,当 $f(x)$ 是离散数据时 ,差商代替微商。

前差商代替微商 :

$$f'(x_i) \approx \frac{f(x_{i+1}) - f(x_i)}{x_{i+1} - x_i};$$

后差商代替微商 :

$$f'(x_i) \approx \frac{f(x_i) - f(x_{i-1})}{x_i - x_{i-1}};$$

中心差商代替微商 :

$$f'(x_i) \approx \frac{f(x_{i+1}) - f(x_{i-1}))}{x_{i+1} - x_{i-1}}.$$

同理 ,二阶导数则用以下定义的二阶差商近似

$$f''(x_i) \approx \frac{f(x_i+h) - 2f(x_i) + f(x_i-h)}{h^2} = \frac{f(x_{i+1}) - 2f(x_i) + f(x_{i-1}))}{h^2},$$

其中 $h = x_{i+1} - x_i = x_i - x_{i-1}$ 。

由以上可知二阶微分与二阶差分成正比 ,当步长 Δx 为等距变化的有限值时 ,二阶微分运算可以用二阶差分来近似。

在电阻率测深中 ,一般 $AB/2$ 电极距系列为 1.5 ,2.5 ,4 ,6 ,9 ,15 ,25 ,40 ,65 ,100 ,150 ,220 ,340 ,500 ,... ,近似按对数等距变化 ,因此 Δx 为近似等距变化。设 ρ_z 为 $f(x)$, $AB/2$ 为 x ,并且 $\rho_z^m = \Delta^2 f(x)$,则由二阶差分得 $\rho_z^m = \rho_{zi-1} - 2\rho_{zi} + \rho_{zi+1}$,式中 ρ_{zi-1} , ρ_{zi} , ρ_{zi+1} 分别为第 $(i-1)$, i , $(i+1)$ 电极距对应的电阻率。

为了消除观测误差的影响 ,对 ρ_{zi}^m 按下式圆滑

$$\rho_{zi}^{mm} = [\rho_{zi-1}^m + 2\rho_{zi}^m + \rho_{zi+1}^m] / 4,$$

经过处理后的电阻率值 ρ_{zi}^{mm} 可以作为解释推断所用的数据。 ρ_z^{mm} 测深断面绘制在单对数坐标纸上 ,模数用 6.25 cm。二层地电断面的电测深曲线只有 1 个拐点 ,并且拐点处的二阶微分为零 ,微分值过拐点后正负发生变化。在用数值计算方法处理后的电阻率值绘制的等值线图中 ,区域场受到了压制而局部场得到了突出 ,并且多个相互叠加的异常得到了分离。以上特点有利于解释推断。

计算异常体的埋深可按 $H = KL$ 估算 ,其中 K 为经验系数 , L 为 $AB/2$ 极距值。

2 差分法在电阻率测深中的应用实例

图 1 是呈贡变电所 3 号测线用原始数据绘制的断面等值线 ,可以看出其上部没有什么电

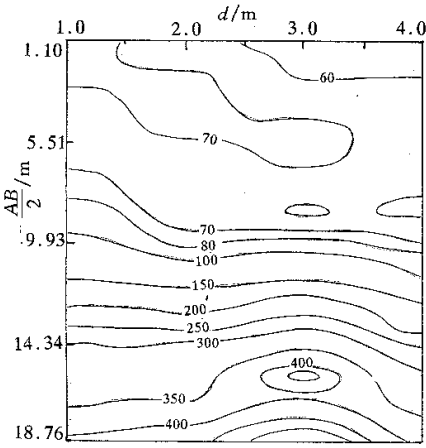


图 1 没有经过处理的 ρ_s 断面等值线

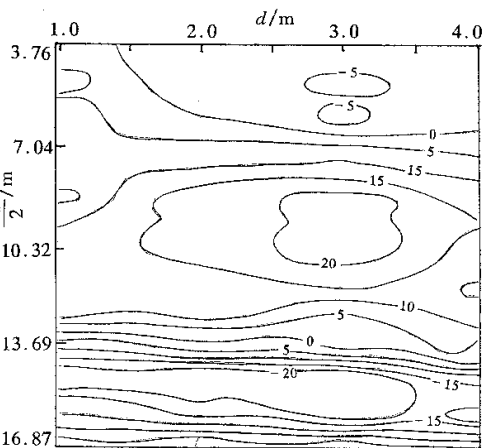


图 2 经过处理的 ρ_s 断面等值线

阻率变化内容 ,下部电阻率有变化但是难以进行层位划分。图 2 是同一条测线经过数据处理绘制的等值线 ,其电阻率变化内容要比图 1 上的丰富 ,我们感兴趣的是图 2 的下部内容。在图上的坐标为 -13.5 和 -16.2 处 ,即电极距深度 144.5 m 和 390.8 m 处有零等值线通过 ,这说明有地电断面发生变化 ,层位之间等值线也发生了变化。结合其它地质特征解释推断有地质层位变化、断层及断层破碎带通过、溶蚀裂隙等存在的可能 ,其中坐标为 -13.5 处异常体顶部埋深为(取 $K=0.8$)115.6 m ,坐标为 -16.2 处异常体顶部埋深为 312.6 m。经过钻孔验证 110 m

处是块状灰岩及铝土岩的顶部,其上覆盖角砾状灰岩,钻孔至 252 m 处都为纯灰岩,其中以角砾状灰岩溶蚀裂隙最为发育,推断是主要含水层。

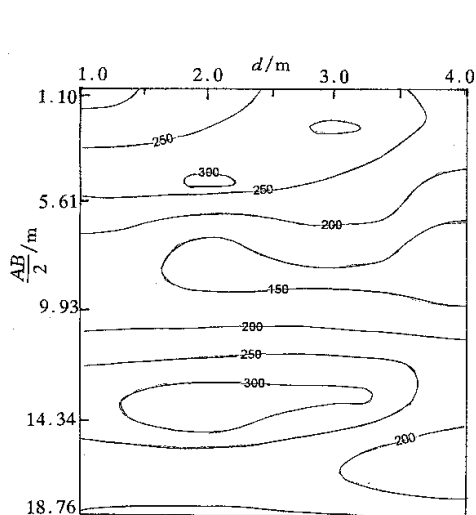


图 3 没有经过处理的 ρ_s 断面等值线

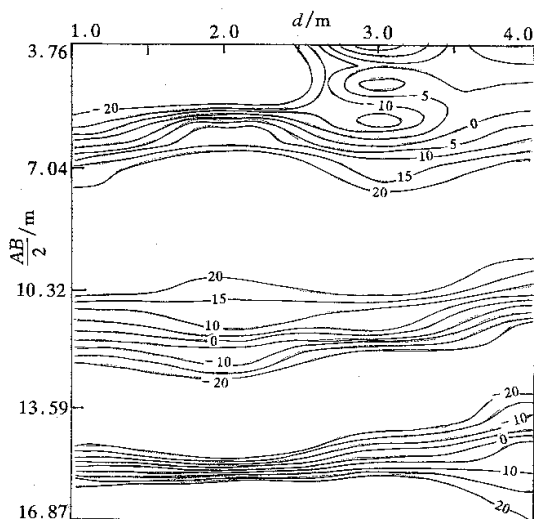


图 4 经过处理的 ρ_s 断面等值线

图 3 是宜良变电所 1 号测线用原始数据绘制的断面等值线,根据它难以划分层位。图 4 是经过数据处理绘制的等值线,从图上可知有 3 条零等值线通过,说明有 3 处可能有地电断面发生变化,它们的坐标分别为 -5.40 , -11.2 , -15.22 ,即电极距分别为 7.4 m, 61.9 m, 272.2 m,这 3 处有零等值线通过。结合其它地质特征解释推断有地质层位变化、断层及断层破碎带通过、溶蚀裂隙等存在的可能,其中坐标为 -5.4 处异常体顶部埋深为(取 $K=0.8$) 5.92 m,其上部为表土层,下部为砂化灰岩,溶蚀裂隙发育;坐标为 -11.2 处异常体顶部埋深为 49.5 m,其上部为砂化灰岩,下部为泥质灰岩,溶蚀裂隙发育;坐标为 -15.22 处异常体顶部埋深为 217.8 m,其上部为泥质灰岩,溶蚀裂隙发育,下部为纯灰岩。经过钻孔验证,在 10.5 m 处的上部为表土层和风化层,下部为砂化灰岩,50.8 m 处的上部为砂化灰岩,下部为泥质灰岩,溶蚀裂隙发育,是主要的含水层。

以上 2 个例子的解释推断结果与钻孔验证结果较符合,说明数据处理方法是有效果的。

3 结语

上面介绍的数值计算方法,在生产实践中取得了一定的地质效果。在生产实践过程中,特别是在进行城市物探或其它工程物探生产中,由于勘探目的主要是浅部地质信息,而浅层勘探受各种干扰最严重,因此对野外采集的物探数据进行数据处理,可提高物探资料的解释推断水平。

参考文献:

- [1] 莫承彬,覃佑邦,刘康华.二阶差分法在电阻率测深中的应用[J].物探与化探,1995,19(1).

(上接 450 页)

NUMERICAL DIFFERENCE METHOD FOR INTERPRETATION OF RESISTIVITY SOUNDING CURVES

DU Rong-guang

(*Geophysical Exploration Party , Southwest Geological Exploration Bureau
for Nonferrous metals , Chenggong 650500 ,China*)

Abstract : Based on the role of difference technique in electric water prospecting ,this paper has proved that the numerical algorithm is of some reference value in data processing and improvement of signal-to-noise ratios .

Key words : resistivity ;numerical difference method ;geoelectrical section

作者简介 : 杜荣光(1969 -) ,男 ,工程师 ,1992 年毕业于中南工业大学地质系 ,多年从事物探勘察工作 ,发表论文数篇。 万方数据