

应用 K 剖面法探测堤坝隐患

刘康和

(水利部天津勘测设计院)

本文以电反射系数的理论为依据,通过分析电反射系数 K 剖面上等值线反映的异常特征,来判断堤坝隐患的类型和位置,取得了一定的经验,可作为实际工作的借鉴。

关键词:电反射系数 K;电测深法;堤坝隐患探测



电法勘探作为地球物理勘查的一个重要分支,用于堤坝隐患的探测,已取得了较好的应用效果。但各种方法,如测深装置、中梯装置等的解释,

均根据视电阻率异常来判断;对某些特征异常的确定,精度往往较低,易造成漏判或误判。本文试图用电反射系数 K,对堤坝的电测深曲线进行数据处理,分别绘制了 K_p 、 ρ_z 、 K_D 等值线断面图或单支曲线图,并以其异常特征来确定堤坝中的隐患性质和位置,达到提高异常解释精度的目的。

电反射系数法是孙经荣于 70 年代提出的一种新的数据处理方法,已运用到解决多种水文地质、工程地质等问题,并在实践中不断得到发展和完善。

基本方法

由堤坝上获得的测深曲线,需经接头处理和地形校正后才能进行 K 剖面计算。

1. 接头处理和地形校正

接头处理采用平移法,以保证曲线斜率不发生变化。如图 1 所示,接头处校正系数 Q 为:

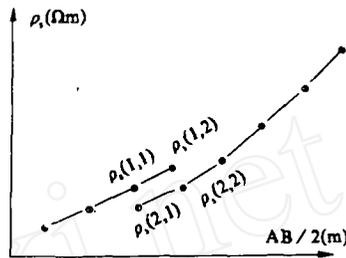


图 1 测深曲线(用双对数坐标绘制)的接头处理

$$Q = \frac{\rho_s(1,1) + \rho_s(1,2)}{\rho_s(2,1) + \rho_s(2,2)}$$

测量电极 MN 变化后的各极距校正值为 $\rho_Q(2, n) = \rho_s(2, n) \times Q$, ($n=1, 2$), 校正后接头处取平均值:

$$\rho_p(1, n) = [\rho_s(1, n) + \rho_Q(2, n)] / 2, \quad (n=1, 2)$$

地形校正采用理论量板法^[1],求得 $\rho_s^{\text{堤}} / \rho_1$ 值后,即可用比较法原理对实测曲线作近似校正,即 $\rho_s^{\text{改}} = \rho_s^{\text{实}} / (\rho_s^{\text{堤}} / \rho_1)$ 。

式中 $\rho_s^{\text{改}}$ 为地形校正后值; $\rho_s^{\text{实}}$ 为野外实测视电阻率; $\rho_s^{\text{堤}} / \rho_1$ 为堤坝影响值,可由理论量板直接查得。

2. 电反射系数 K 的常用公式

本文 1992 年 2 月收到。

(1) 视反射系数 K_S

$$K_S = \frac{\lg[\rho_s(n) / \rho_s(n-1)]}{\lg[AO(n) / AO(n-1)]}$$

当视反射系数为正值时, $K_S = K_J$ 。

当视反射系数为负值时, 必须进行负值校正, 其校正公式为:

$$K_J = \frac{K_S(1 - K_S)}{1.05(1 - K_S) + K_S^2}$$

(2) 视真电阻率 ρ_Z 的计算

$$\rho_Z = 2^{-K_S} \sqrt{\rho_s(n) \cdot \rho_s(n-1)} (1 + K_J / (1 - K_J))$$

K_J 、 ρ_Z 相应极距为原供电极距的几何平均值, 即 $AA(n) = \sqrt{AO(n) \cdot AO(n-1)}$

(3) 视反射系数 K_J 梯度 K_D , 其对应公式:

$$K_D = \frac{K_J(n) - K_J(n-1)}{\lg[AO(n) / AO(n-1)]}$$

K_D 相应极距为原极距 AA 的几何平均值, 即 $BB(n) = \sqrt{AA(n) \cdot AA(n-1)}$

工程实例

1. 工区概况

山东省东平湖属南北大运河上北四湖之一, 堤坝于 60 年代修筑, 主体为梯形, 顶宽约 6m, 堤高 6m, 两侧堤坡为 1: 2.5。堤体主要由粘土、亚粘土组成, 底部堆有碎石。作为南水北调工程(东线)的调节水库, 为万无一失, 拟在堤坝上进行隐患的探测工作。

2. 野外工作方法 with 资料解释

实测采用电阻率测深法和中间梯度法进行, 剖面布置以堤顶中心线为主, 在可疑部位两侧各布设一条剖面。($AB / 2$)^{max} = 65m, $MN = (1/3 \sim 1/30)AB$, 用不等比四极对称电测深法实测。所得电测深曲线经接头处理和地形改正后大多呈 H 型(个别为 HA 型), 如图 2 所示。

由野外获得的原始数据, 经初步计算得

到基本电性参数 ρ_s 值, 编制程序输入 PC-1500 计算机逐点进行电反射系数 K_J 、 ρ_Z 、 K_D 的计算, 其成果见下表(以 36 点为例, 表中只列出 K_J 、 ρ_Z 和 K_D 诸参数)。

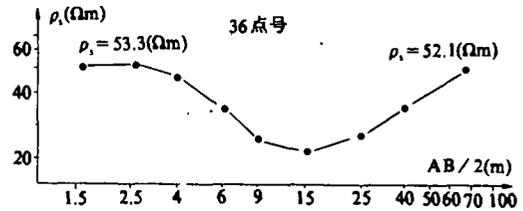


图 2 经接头处理和地改后的电测深曲线

由所计算的各测深点电反射系数 K_J 、 ρ_Z 和 K_D 等数据, 分别在单对数坐标纸上绘制断面图, 并与 ρ_Z 断面进行对比, 可以获得堤坝隐患的有关异常信息, 并对其进行解释。

36 点电反射系数计算成果表

$AB / 2, m$	$\rho_s, \Omega \cdot m$	AA, m	BB, m	K_J	$\rho_Z, \Omega \cdot m$	K_D
1.5	53.3					
2.5	55.1	19.4	2.47	0.065	59.009	
4.0	48.1	3.16	3.94	-0.259	36.998	
6.0	37.4	4.90	6.00	-0.482	22.796	
9.0	26.1	7.35	9.24	-0.605	14.233	
15.0	23.7	11.62	15.0	-0.175	19.911	
25.0	28.8	19.36	24.75	0.382	44.799	
4.00	37.5	31.62	40.16	0.562	79.319	
65.0	52.1	50.99		0.677	143.658	

图 3 (1) 为视电阻率 ρ_s 等值线断面图, 其曲线变化特征为: 表层电阻率变化相对较大, 且 28 点、32 点、38 点附近出现相对较高的电性体。曲线形成“V”字型结构, 是由于堤坝顶部表层干裂微裂隙集中而造成的, 反映的深度较浅, 一般情况下不影响坝体的整体质量。当 $AB / 2$ 达到 15m 时, 出现扁平状的低阻体, 这一位置是由于湖水水位高出而浸透了较为松软的坝体, 使其含水量增大, 视电阻率值变低。但 28 点处出现 $25\Omega \cdot m$ 等值线中断, 可能是回填土夯实质

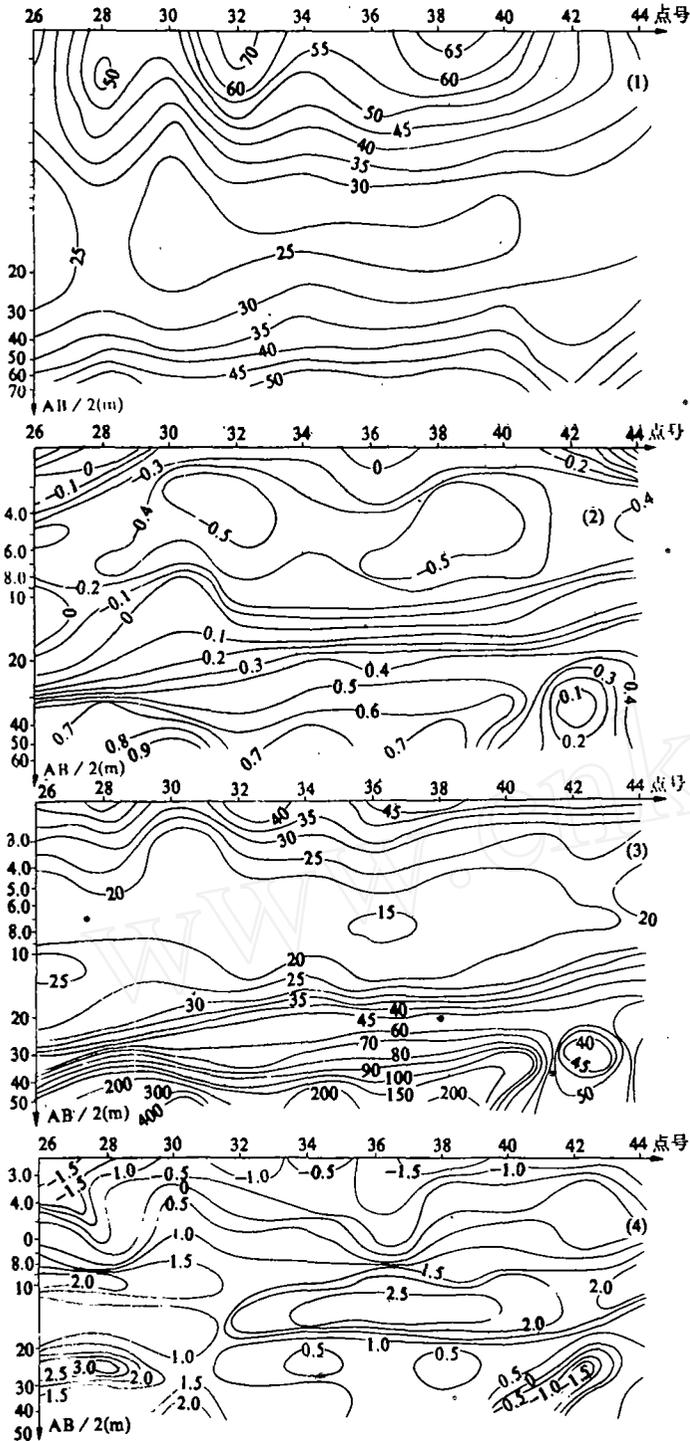


图3 等值线断面图

(1)- ρ_{sj} (2)- K_j (3)- ρ_z (4)- K_D

量较好造成的。下部基本为原地面或堆石的电性反映，在42点处形成较低电阻率向下延深的现象，但趋势反映不太显著。

图3(2)、图3(3)图3(4)分别为 K_j 、 ρ_z 和 K_D 断面图。综合三图可以看出，对坝体异常的反映均较明显，尤其是42点下部， K_j 、 ρ_z 和 K_D 三个断面图均出现闭合圈，且 ρ_z 值为低阻反映，向下延深的趋势偏向40点。这说明该处很可能存在漏水通道。而30点下部 ρ_z 值、 K_j 、 K_D 值均较高，可能是原地基密实度较好而引起的。

下面以42点为例，用 K_j 、 ρ_z 、 K_D 单支曲线求解该点下部漏水通道的顶部位置。

图4，42点测深曲线为HA型； ρ_z 单支曲线的定量解释，可取 $\rho_{z极}$ 为对数坐标上的半值长度，即 $\rho_{z极}$ 开平方后所对应的 $AB/2$ 值。当 ρ_z 达到极大值后开始下降，这时即认为低阻体开始影响，在曲线所产生的反映，该点可定为隐患的顶部埋深。所以， $\rho_{z极} = \sqrt{54.989 \times 19.678} = 32.89 \Omega \cdot m$ ，所对应的 $AB/2$ 值为11.8m，即 $h_{\rho_z} = 11.8m$ (图中“十”字处)。

图5为 K_j 、 K_D 单支曲线， $K_{jmin} = -0.367$ ， $K_{jmax} = 0.407$ ， h_{Kj} 为 $K_j = (K_{jmax} + K_{jmin}) / 2 = 0.02$ 所对应的 $AB/2$ 值，即 $h_{Kj} =$

11.0m (图中“十”字处)。

K_D 曲线的极大值处所对应的 $AB/2$ 值, 即可认为低阻体产生影响时的顶部埋深, 即 $h_{KD}=10\text{m}$ (见图 5 中 K_D 曲线上“十”字处)。

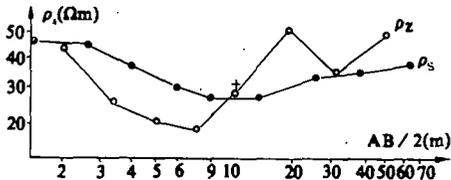


图 4 42 点 ρ_s 、 ρ_z 单支曲线图

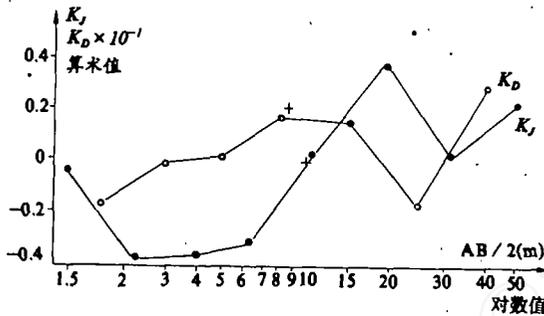


图 5 42 点 K_j 、 K_D 单支曲线图

由 ρ_z 、 K_j 、 K_D 曲线解释的深度经三者平均后, 确定为隐患通道的顶部埋深, 所以

$$h = (h_{\rho_z} + h_{K_j} + h_{K_D}) / 3 = 10.9\text{m}.$$

验证: 电探工作结束后, 把整理计算的结果提供给管理单位, 并请钻探验证。结果发现 30 点底部为堆石回填土, 且夯实较好。而 42 点下部 10.5m 处为原老河道, 回填为粘土、亚粘土, 施工时不注意质量, 夯实很差, 以致形成集中微渗带, 久而久之, 演化成漏水通道。施工单位及时采取了补救措施, 为坝体的安全运行发挥了物探的积极作用, 受到管理单位的好评。

结 语

电法探测堤坝隐患已开展多年, 积累了不少经验, 发挥了一定作用, 是一种寻找隐患的重要物探方法。但是, 单一的视电阻率参数所反映的异常特征有时不大显著, 这时有必要采用电反射系数法进行处理, 以提高异常判断精度, 较确切地判断隐患的性质和位置, 指导有关单位加强堤坝重点部位的防范。

主要参考文献

- [1] 方文藻等, 工程勘察, 1989, 第 4 期。
- [2] 夏建平, 勘察科学技术, 1989, 第 2 期。

Making Use of Reflection Coefficient (K) in Electrical Sounding to Detect Hidden Dangers for a Dam

Liu Kanghe

The data of electrical sounding over a dam are processed in the light of reflection coefficient (K) and various cross section maps are drawn. Through an analysis of the anomaly characteristics of the contours on the maps, the nature and locations of the hidden dangers of the dam can be detected. We have tried this method in some cases and the experiences we gained may be used for reference in practice.