

综合地球物理勘探在古台水库大坝渗漏探测中的应用

陆学村¹, 余娟¹, 程陈²

(1. 河北工程大学, 河北 邯郸市 056038; 2. 安徽省水利水电
勘测设计研究院, 安徽 蚌埠市 233000)

摘要: 水库渗漏给水库的安全带来了很大的隐患, 经济上也造成严重的损失。坝体渗漏的隐患性质和空间特征为电阻率法和音频大地电场法提供了基本前提条件。通过电剖面法、电测深法、音频大地电场等综合地球物理勘察手段, 并且结合地质条件, 查明了水库大坝渗漏的主要通道, 为水库进一步的除险加固提供了可靠依据。

关键词: 坝基渗漏; 地球物理勘探; 电阻率; 音频大地电场

古台水库位于邯郸市涉县古台村, 为小一型水库。坝型为浆砌石重力坝。坝顶宽 4.5 m, 坝长 60 m, 坝高 31.7 m。坝肩及库区为灰岩组成。由于坝肩及坝基渗漏, 水库不能正常使用, 为查清渗漏通道, 采用电剖面法、电测深法、音频大地电场法等综合地球物理勘探方法, 取得了较好效果。

1 工作方法

坝基渗漏物探技术是一种间接的探测手段, 即通过研究探测对象物理特征(密实程度、湿度和力学参数)的不同, 以及内部存在隐患, 造成的岩土体物性参数(如自然电场、电阻率、弹性波速和波阻抗等)差异, 达到无损检测目的。因此, 这些差异是利用物探技术探测坝基隐患的必要条件^[1]。

1.1 方法选取

考虑到测区内地形变化和河流、地表水等因素, 本次工作选用 3 极电剖面、3 极电测深相结合的探测方法来尽量减少各种不利影响, 并与音频大地电场加以对比分析, 以此来圈定出渗漏范围。

1.2 工作布置

根据场地的规模、坝基及坝肩和库岸的条件, 为达到明确渗漏情况的目的, 视电阻率剖面线布置情况如下: 在坝基下游处布置平行坝轴线剖面线 3 条; 右岸上游处布置斜交坝轴线控制不同深度的剖面线 2 条、下游 1 条; 左岸布置斜交坝轴线剖面线 3 条。剖面线上共测量物理点数 95 个。

视电阻率测深剖面布置如下: 在坝下游布置 1 条平行坝轴线的视电阻率测深剖面 1-1'; 测深点 4 个, 水库左岸布置两条斜交坝轴线视电阻率测深剖

面 2-2'; 测深点 4 个, 3-3 剖面: 测深点 2 个。

音频大地电场主要是沿上述视电阻率测深剖面线, 在山梁、山腰各布置了 1 条测线, 长度分别为 100, 110 m, 另外还沿左岸走向方向布置了 1 条测线, 长度为 70 m。

3 种工作方法共布置物探线 15 条, 长度 755 m; 其中视电阻率测深点 10 个、3 极剖面线 9 条、音频大地电场测线 3 条。

1.3 物探仪器

根据场地条件和地形地面特征, 采用多功能直流电法仪、音频大地电场仪进行测量。多功能直流电法仪具有数字显示、智能化、可靠性好、测量参数多等优点。音频大地电场仪具有探测迅速、资料反映直观, 对基岩中的低电阻率富水构造带反映灵敏, 能够准确提供富水带位置, 读数直观, 仪器轻便、操作简单, 仪器的模拟电路部分还包括宽带通道和 4 个固定频率通道, 能扩宽放大器的通频带, 提升频率高端的放大倍数。

1.4 点距和极距选择

水利水电工程物探规程要求: 测量电极距 MN 与供电电极距 AB 的比值, 一般保持在 $1/3 \sim 1/30$ 之间^[2]。在保证最大极距能够探测到主要探测对象的前提下, 还要考虑到围岩背景也能在二维断面中得到充分反映, 故视电阻率剖面法最大供电电极距 $AB/2$ 在坝基处控制最大值为 40 m, 坝肩处为 60 m, 控制最小值为 5 m (见表 1)。视电阻率测深法选择在坝下游控制深度最大值为 40 m, 最小值为 5 m; 在左坝肩控制深度最大值为 60 m, 最小值为 5 m。在测点上通过逐点扩大供电电极距, 来探测地层

在垂向上的结构变化特征,为了提高测试效率,采用 $MN/2$ 相对固定的办法。一般的粘性土表现为低阻反映,不含水的砾石层表现为高阻,具有裂隙的灰岩呈高阻反映。

音频大地电场主要是沿电法测线,在山梁、山腰各布置了1条测线,另外在沿左岸走向方向布置了1条测线。在能够达到有效探测目的的情况下,选择点距为10 m。

表1 电剖面点距、极距一览

线号	点距 (m)	AB/2 (m)	MN/2 (m)	线号	点距 (m)	AB/2 (m)	MN/2 (m)
1	3	5	2	6	10	20	2.5
2	3	5	2	7	5	25	2
3	5	5	2	8	5	20	2
4	5	10	2.5	9	5	10	2
5	5	10	2.5				

2 资料整理

由于野外作业受干扰的因素较多,为正确评价勘测结果,因而对数据进行整理,排除干扰。在室内用计算机对数据进行处理,绘制图件,以作出符合实际的评价^[3]。

2.1 绘制曲线与图件

对现场的测量数据结果进行统计修正后,根据不同的工作方法,绘制出不同类型的曲线,并作出相应图件,以此对测区进行综合评价。

(1) ρ_s 、 $\eta_s \sim AB/2$ 关系曲线:对某测点以 $AB/2$ 为 x 坐标,以 ρ_s 、 η_s 为 y 坐标,绘制出 ρ_s 、 η_s 与 $AB/2$ 的关系曲线。反映出该点在垂向上地质体的变化。

(2) 电剖面等值线图:以视电阻率 y 坐标,剖面上点距为 x 坐标,以相应点的视电阻率大小为 z 坐标绘制成平面等值线图。等值线为视电阻率值大小,其大小与岩层导电性呈反相关关系。以此来反映出该点在同一剖面上地质体的变化。

(3) 地电断面图:以测点间距为 x 坐标, $AB/2$ 为 y 坐标,各点的视电阻率值或极化率值为 z 坐标,然后勾绘出等值线。为了较细致地反映深层的电性特征,采用算术坐标系进行绘制。

(4) 大地电场剖面图:以测线、测点所在位置为平面坐标,以相应点的视电阻率大小为 z 坐标,绘制平面等值线图。

(5) 推断地质剖面图:以地电断面图为依据,结合区域地质条件,绘制出推断地质剖面图,得出较为准确的地质剖面。

2.2 地形校正

在地形起伏条件下,若野外实测数据未经地形校正而直接进行成果解释,往往把由起伏地形引起的假异常解释成由地下地质体引起的真异常。影响数据解释精度的因素主要为:起伏地形、地电条件、外界因素、仪器精度。其中最主要的因素为起伏地形的影响(频率53.8%),其次为地电条件(频率18.4%),再次为外界因素频率(16.9%)。影响最小的为仪器精度。因此要提高野外实测数据的解释精度,就必须尽可能地消除起伏地形的影响^[4]。

由于剖面上各点未必是相同高程,使得地电断面会发生变形,在解释地质剖面时需加以改正。

2.3 资料分析

以各类图件为基础,对测区进行电性分层和分区,再结合地质条件进行综合工程地质条件划分。

资料的解释过程,就是分析研究各种曲线的性质及其所反映的地电特征,再结合当地实际情况,做出具体的推断。视电阻率勘探在裂隙发育、不含水的部位会呈现高电阻、低极化现象,含水呈现低电阻、高极化现象。以此可以划分出裂隙发育的部位。

音频大地电场在实际野外工作中,需要根据异常变化的大小来计算异常幅度。计算方法是在一条剖面上所测的最大值与最小值之差除以平均值,以百分率表示。用这种计算异常幅度的办法,可以区别测线异常的好坏。根据该计算公式得出的异常幅度分析推断,电场强度异常值反映地下高、低电阻率地质体,得出确切的地质解释。

3 探测成果

(1) 从地电断面图上看,坝体下游测线总体电阻率值相差不大,主要是由于地层普遍含水所致。坝体下游3~8 m,表层为卵石层,在15~18 m存在低阻异常;在10 m深处曲线发生改变,为上部砂卵石层,厚度8~10 m,下部为灰岩。在20 m处表现高阻、低极化类型,说明在该处地形低洼处有一“小沟”存在,据图件分析小沟距左坝肩坡脚约8 m,宽度约5~8 m,深度4~5 m。坝踵向外70 m,在10 m和30 m有两处高阻异常,解释为在坝体附近有渗水现象,到远处分叉(见图1)。

(2) 右坝肩的下游视电阻率呈不规则状,并且高阻位置正是极化率相对增大部位,说明存在多条裂隙,并且含水(见图2)。右坝肩上游电剖面控制10,20 m两个深度,其电阻率和极化率对应关系完

全吻合,到 20 m 处趋于正常,说明从右坝头起算向上游沿 15°方向 20 m 深度范围内均有裂隙存在,并且含水。

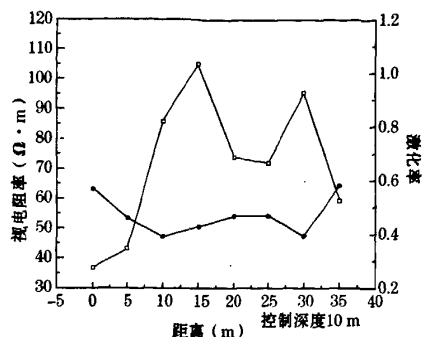


图1 坝踵向外 70 m 处电剖面等值线

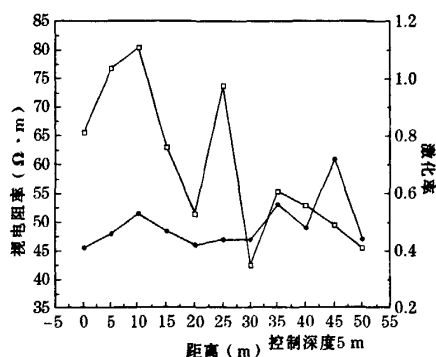


图2 右坝肩下游电剖面等值线

(3) 左坝肩 4 个视电阻率测深点沿库岸向上排列,属同一种曲线类型,为高电阻、低极化率形式, D1、D4 点显示在 10 m 深处曲线发生改变,解释为上部砂卵石层,厚度为 8 ~ 10 m,下部为灰岩。D2、D3 点显示在 20 m 处表现高阻、低激化类型,说明“小沟”确实存在(见图 3)。

图 4 中 18 ~ 20 m 出现拐点,前半部分斜率呈 45°上升,为灰岩反映,之后因到水面以下,斜率减小,说明灰岩含水,到 40 ~ 45 m 处曲线开始出现下降,为岩层分界线。左坝肩起 D6 测深点在 20 ~ 35 m 有高电阻率、低极化率表现,说明该处有裂隙存在,并且属于闭合裂隙,不含水。

(4) 音频大地电场电位的异常位置与电法所得结果,在 1 线的 10, 30 ~ 50 m 有高电位异常;2 线的起始点、40 m 处有异常存在,说明在此处有裂隙发育,同时受泄洪洞影响,导电性差,异常幅度高;3 线的 50 m 处有异常,下部也存在裂隙,并且河床有渗水现象。音频大地电场在所测位置所得结论与电法

结论相吻合。

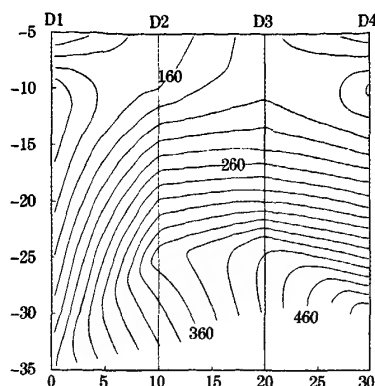


图3 1-1'线电测深视电阻率剖面

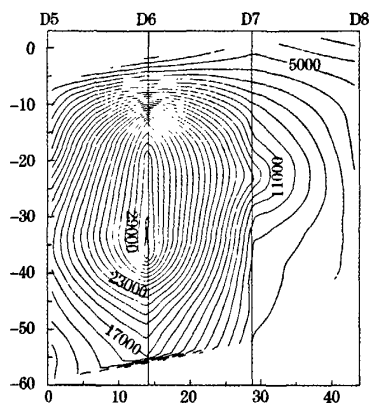


图4 左坝肩电测深视电阻率剖面

4 结 论

本次大坝渗漏探测通过音频大地电场、电剖面法、电测深法等综合地球物理手段,结合地质条件,查明了水库大坝渗漏通道。物探成果与坝址处钻孔(ZK1, ZK2, ZK3, ZK4)砂卵石层对比验证地层基本一致;探测渗漏通道较准确,说明本次综合物探成果正确可靠。

参考文献:

- [1] 邓希贵. 物探技术在贮灰场大坝渗漏探测中的应用[J]. 吉林电力, 2003, (12): 9 ~ 11.
- [2] SL326-2005. 水利水电工程物探规程[S].
- [3] 杨新奇, 李世峰. 电测深法在齐村水库库区渗漏探测中的应用[J]. 西部探矿工程, 2003, (9): 9 ~ 11.
- [4] 吴宝诗, 龚剑平, 吴国卫, 等. 电法数据处理地形校正[J]. 江西交通, 2005, (5): 8 ~ 9.

(收稿日期: 2008-08-01)

作者简介: 陆学村(1984-), 男, 山东新泰人, 硕士研究生, 从事地球探测与信息技术研究, Email: lucuecun@126.com.