

瞬态面波技术在坝基勘探中的应用

Transient Surface Wave Applied for Exploration of Dam Foundation

邓希贵¹, 吕宝岩², 王秀权¹

(1. 水利部东北勘测设计研究院, 吉林 长春 130062; 2. 珲春发电有限责任公司, 吉林 珲春 133300)

摘 要: 针对贮灰场加筑子坝时, 其坝基存在空洞或低密度层的问题, 阐述了多道瞬态面波探测原理和方法。结合数据采集情况, 提出当频散曲线呈杂乱和离散趋势时, 表明在地层相应深度存在空洞或低密度层。该技术的应用为类似工程的坝基探测提供了一种快捷的方法。

关键词: 瞬态面波; 坝基; 勘探; 空洞; 低密度层

Abstract: Cavity or low density layer appears in dam base while secondary dam is built. The principle of exploration with multi-tunnel transient surface wave is introduced. Based on the layout of data acquisition system, it is shown that there is cavity or low density layer when the curve of frequency with velocity happens random and dispersion.

Key words: transient surface wave; dam base; exploration; cavity; low density layer

中图分类号: TU 47; TB 5

文献标识码: B

文章编号: 1009-5306(2002)03-0004-03

面波探测技术是近十年来发展起来的一种弹性波地面探测新技术。其理论依据是利用面波在分层介质中传播时的频散特性(波速随频率变化)和面波传播速度与介质的物理力学性质的密切相关性, 达到探测地质构造和分层的目的。下面在介绍面波探测原理基础上, 结合珲春发电有限责任公司坝基勘探过程, 介绍瞬态面波技术的应用。

1 面波特性和勘探原理

由半波长理论可知, 面波的探测深度为 $1/2$ 波长。面波的波长不同, 其穿透介质的深度也不同, 波长越长穿透地层越深, 因此根据波长与频率的关系, 可通过改变频率来测定不同深度介质的面波平均速度 v_{RA} 。某一波长的面波速度 v_{Ri} 主要与探测深度小于 $1/2$ 波长处的介质的物理性质有关。

面波探测技术的基本原理是: 通过激发产生一定频率范围的瑞利面波, 在地面沿面波的传播方向, 以一定的道间距 ΔX 设置 N 个检波器, 就可以检测到面波在 $(N-1)\Delta X$ 范围内的传播过程。

相邻道 X 长度内面波的传播速度 v_{Ri} 为:

$$v_{Ri} = 2\pi f_i \Delta X / \Delta \varphi \quad (1)$$

测量范围 $(N-1)$ 内的平均速度 v_{RA} 为:

$$v_{RA} = 2\pi f_i (N-1) \Delta X / \sum_{i=1}^{N-1} \Delta \varphi \quad (2)$$

式中 f_i 为面波的频率, $\Delta \varphi$ 为相邻检波器的相位差。

ΔX 值可根据实际需要试验来确定, 相位差 $\Delta \varphi$ 的求取则要通过信号处理分析来实现。

在同一地段求出一系列频率对应的 v_{Ri} 值, 就可以得到一条 $v_{Ri}-f_i$ 曲线, 由 $\lambda_{Ri} = v_{Ri}/f_i$ 转换为 $v_{Ri}-\lambda_{Ri}$ 曲线, 这种速度随频率变化的曲线称为频散曲线。频散曲线的变化规律与地质条件和岩土介质结构存在着内在联系, 通过对其分析就可以达到探测地质体的目的。

2 坝基状况和勘探数据采集

2.1 坝基状况

珲春发电有限责任公司总装机容量 2×100 MW, 其贮灰场为山谷灰场, 一期坝顶标高 101.00 m, 最大坝高 34 m。1996 年加筑第 1 级子坝, 坝顶标高 109.20 m。2001 年加筑第 2 级子坝, 坝顶标高 116.80 m。在二级子坝坝基处理施工过程中, 发现沿二级子坝轴线自东坝头向西坝头方向约 60 m 处, 标高 102.00 ~ 103.50 m 部位存在一空洞。经钻探取芯分析, 主要成因是冬季向贮灰场贮灰

收稿日期: 2002-01-27

作者简介: 邓希贵(1960-), 男, 高级工程师, 现在水利部东北勘测设计研究院物探公司工作。

时,形成较厚的冻灰层后被后期粉煤灰所覆盖,达到一定覆盖厚度形成永久冻层,致使冻层以上粉煤灰不能自然沉降,而冻层以下灰水经透水坝透水带走粉煤灰及自然沉降形成空洞或低密度层。查明整体坝基存在空洞或低密度层的位置、大小及分布范围,对灰坝的安全具有重要意义。二级子坝坝底材料为库区灰渣(同一介质),坝基标高为 107.00 m,坝址地形平坦,两侧山谷对称,基岩岩性为板岩。本次物探采用多道瞬态面波探测技术,实测本区密实粉煤灰的面波速度 $v_{Rm} > 150 \text{ m/s}$,而较松散的粉煤灰面波速度 $v_{Rs} < 100 \text{ m/s}$,其波速差异满足采用面波探测的物性前提条件。

2.2 勘探数据采集

现场使用 SE2404 综合地震勘探仪采集数据,采用多通道瞬态面波观测系统,即在每个面波探测点处采用 12 个通道的 4.5 Hz 的低频检波器接收,检波器等间距排列,敲击点在检波器排列的延长线上(距端点 1 m),其检波点距为 1 m,震源用 5.4 kg 大锤锤击垫板,分别在每个测点获得 2 张面波有效记录。仪器参数为:采样点数 1024 个,采样间隔 0.2 m s,记录长度 200 m s,滤波方式为全通。

为达到控制全区局部坝基存在低密度层或空洞的分布,平行二级子坝轴线布置线距为 7~8 m 不等的 10 条横测线,垂直二级子坝轴线布置了线距最大为 13 m 不等的 9 条纵测线,测点间距大部分为 12 m,共布置面波探测点 280 个。

3 数据处理与结果分析

3.1 数据处理

面波探测资料处理主要是求频散曲线,采用吉林大学工程学院地球物理系开发的 Georwa 软件。其处理流程为:调用面波数据文件 $X-V$ 时间域加窗提取面波群 二维 FK 变换 拾取面波特征峰值曲线 HV 域频散曲线 面波分层及层速度计算 计算结果存盘或打印。

在 $X-V$ 时间域对所处理的面波数据进行加窗提取面波群之前,应对反相道进行倒相,去掉个别异常数据的道等处理;当经二维 FK 变换后所拾取的面波特征峰值曲线出现不连续、分叉等现象时,应返回 $X-V$ 时间域加窗重新提取面波群;在 HV 域调用 Tune 程序对所得的面波群速度深度曲线进行调整并正演拟合计算,直到拟合系数达到满意值时为止。

根据频散曲线可解释速度分界面和地质异常情况。频散曲线形态的变化与层间的速度及相对厚度变化存在密切关系。一般地,地层间速度差异不大时,频散曲线的拐点位置则对应地层速度分界面;而当地层间速度变化较大时,频散曲线在低速层部位将出现明显的“之”字型。依据面波速度的大小直接反映了地层的“软”、“硬”程度,速度越高其密实度越好,反之则密实度差。当地下存在空洞时,频散曲线相当混乱、离散,波速急剧下降,此时频散特征不明显,曲线将会在空洞埋深部位出现异常跳跃或曲线不在随深度呈连续延伸,而表现为频散曲线中断,据此可以确定空洞的位置和埋深。

3.2 结果分析

分析本次所测面波频散曲线可概括地划分以下 3 种类型。类型 1:频散曲线具有呈随深度加深 v_R 按一定的斜率逐渐加大,曲线变化有规律,拐点不明显,反映地层自上而下波速逐渐加大,密实度逐渐增大(见图 1);类型 2:频散曲线具有异常幅值较大,拐点明显,多呈“之”字型,反映地层中某一深度处存在面波速度 v_R 较上部相邻地层面波速度低的特点(见图 2);类型 3:频散曲线具有异常幅值变化大,形成大的“之”字型后曲线后枝消失(“之”字型后频散曲线中断无延续),频散曲线比较杂乱和离散,表明在地层一定深度处存在空洞或架空层(见图 3)。

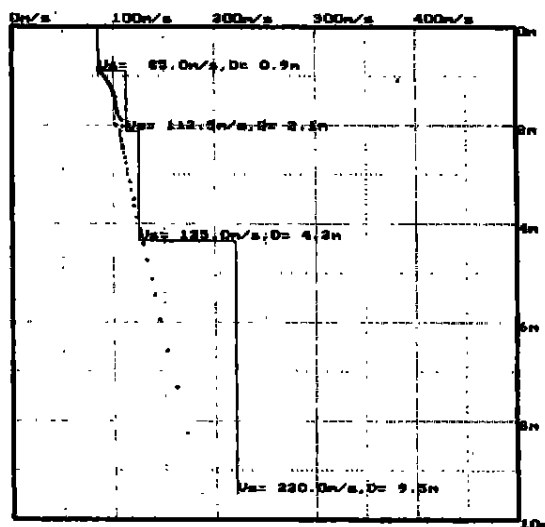


图 1 面波频散曲线的类型 1

4 结论与评价

通过本次物探,在二级子坝轴线上共发现 D1、D2、D3 处薄弱地段(见图 4)。

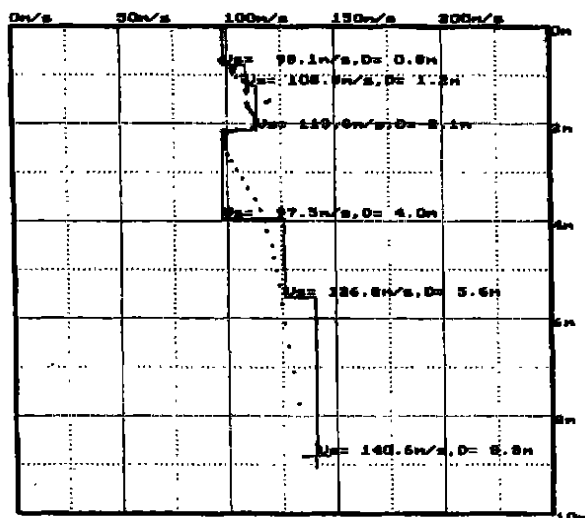


图2 面波频散曲线的类型2

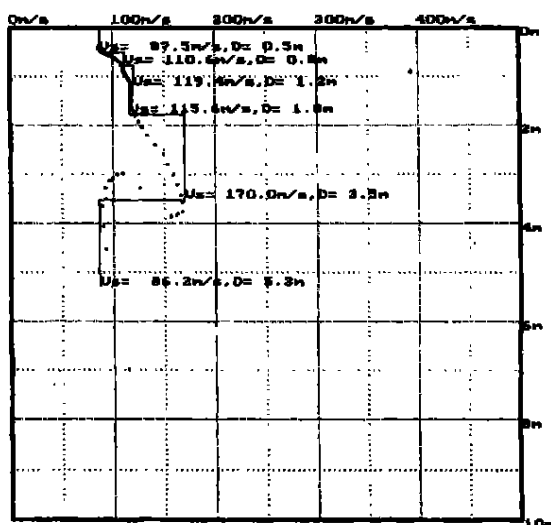


图3 面波频散曲线的类型3

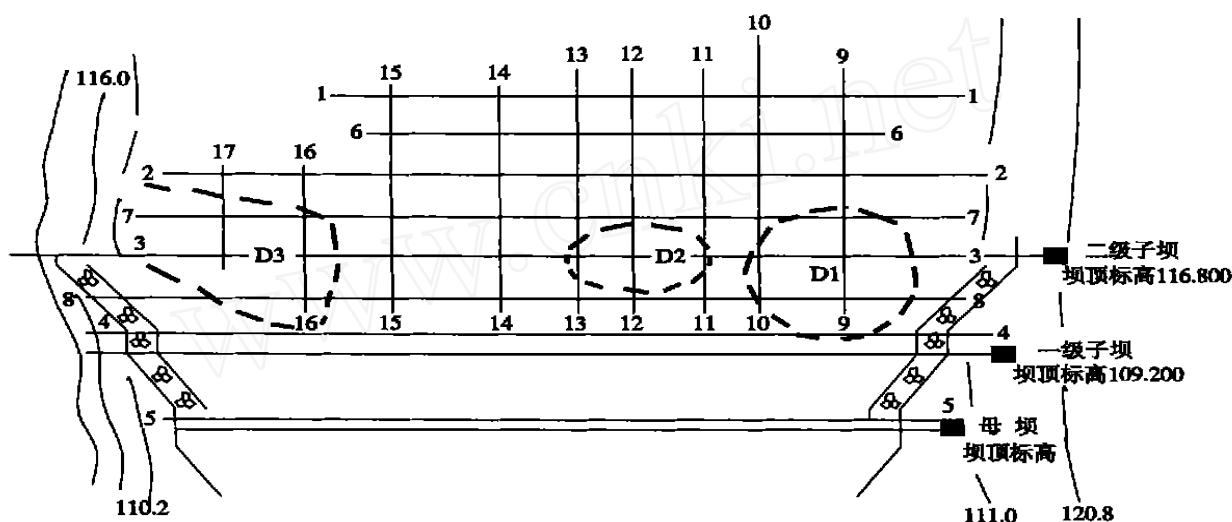


图4 二级子坝加高工程物探结果

D1 为从东坝头至西坝头方向 40~ 90 m, 沿二级子坝坝轴线, 向库区 17 m, 向坝下至一级子坝范围内存在一空洞或低密度区, 标高为 102 00~ 104 00 m 之间, 其厚度变化不均, 最大厚度 1.5 m 左右; D2 为从东坝头至西坝头方向 105~ 145 m 范围内存在一低密度层, 并且向库区方向 10 m 内位于标高为 100 00 m 以下, 而向坝下方向 10 m 位于标高为 104 00 m 左右; D3 从东坝头至西坝头方向 225 m 以后, 沿二级子坝坝轴线, 向库区 20 m, 向坝下 15 m 范围内存在一低密度层, 其标高在 105 00~

103 50 m 之间。

经对二级子坝坝基D1、D2 和D3 部位钻探, 钻探结果与物探结论一致, 证实了面波探测成果的可靠性, 对今后同类型坝基处理具有指导意义。

在此基础上对二级子坝坝基存在空洞或低密度层部位进行灌浆处理(用高压泥浆泵灌注混凝土砂浆), 坝基基本达到设计要求。

(责任编辑 刘文千)

欢 迎 刊 登 广 告