

瑞利面波在地质勘察中的应用

赵明杰, 张桂玉, 刘 宾

(山东省水利勘测设计院, 山东 济南 250013)

摘要: 在地质勘察中运用瑞利面波进行探测, 对瑞利面波进行频谱分析和相关计算处理, 根据速度结合钻孔资料进行地质分层, 为钻探成果的内插和外推提供依据, 使地质勘察资料更加翔实可靠。

关键词: 瑞利面波; 地质分层; 勘察

中图分类号: P315.3 文献标识码: A

0 引言

传统的地震勘探一直利用体波进行地质调查, 面波一直被看作是一种干扰波, 直到二十世纪八十年代, 才开始用人工激发的瞬态面波进行地质调查。

1990 年前后, 中国学者也开始了瞬态面波勘测方法的研究。由于初期沿用两个检波器接收模式采集数据, 所以数据的信噪比不高, 探测的深度和精度有限。1993 年刘云祯等用自己设计研制的地震仪在数据采集方面打破传统模式, 采用展开排列多道接收, 在数据处理方面, 通过多道面波记录处理出面波速度变化曲线, 再经正反演拟合计算进行速度分层解释, 并把锤击振源的面波探测深度由 10m 左右提高到 30 多米。

1 检测原理与方法

在介质体内传播的波叫做体波, 纵波和横波统称为体波。除体波外, 在弹性分界面附近还存在着另一类波, 这类波从能量上说只分布在弹性界面附近, 因此统称为面波。

面波可分为瑞利波和洛夫波, 在工程探测中主要是运用瑞利波。瑞利波由纵波和质点位移垂直于自由表面的横波迭加而成, 可用如下的波动方程来描述它们的运动^[1]:

$$\begin{aligned}\nabla^2\Phi &= \frac{1}{\nu_p} \frac{\partial^2\Phi}{\partial t^2} \\ \nabla^2\Psi &= \frac{1}{\nu_s} \frac{\partial^2\Psi}{\partial t^2}\end{aligned}\quad (1)$$

式中: Φ 、 Ψ 为质点位移场的势函数; ν_p 和 ν_s 分别为纵波和横波的速度。对于平面波可得上式(1)

的一个解为:

$$\begin{aligned}\Phi(x, y, z, t) &= Ae^{-k\nu_1 z} e^{ik(x-\nu_1 t)} \\ \Psi(x, y, z, t) &= Be^{-k\nu_2 z} e^{ik(x-\nu_2 t)}\end{aligned}\quad (2)$$

式中: $\nu_1 = 1 - (\nu_r/\nu_p)$ $\nu_2 = 1 - (\nu_r/\nu_s)$ k 为波数; ν_r 为瑞利

波速; A、B 为常数。

由式(2)可知瑞利波传播的 2 个特征, 一是瑞利波振幅随深度衰减, 能量大致被限制在一个波长以内; 二是由地面振动波的瞬时相位可确定瑞利波传播的相速度。根据以上特性, 在相距一定距离的地面上安置检波器接收瑞利波, 并对频谱进行分析, 作出波长—波速频散曲线, 从而算出地面下土层的瑞利波速, 进而换算成横波波速。

瞬态多道瑞利波法是在地面上沿着瑞利波传播的方向布置间距相等的检波器, 道间距及偏移距的选择以满足最佳面波接收窗口和最佳探测深度为原则。将多个检波器信号通过逐道频谱分析和相关计算, 并进行迭加, 得出一条频散曲线, 从而可消除大量的随机干扰, 各频率成分能量大为增强, 使被测试体在频散曲线上的反映更加突出, 判断准确性大大增强。一般情况下, 在瑞利波频散曲线上通过对速度进行分层, 确定分层点的位置便可较准确地划分出各地层厚度及埋深, 并可根据瑞利波波速确定地层的性质及强度。

2 探测仪器及参数选取

探测使用的综合工程探测仪为吉林大学工程技术研究所生产的 SE2404EC 型综合工程探测仪, 内置高档笔记本电脑, 是集数据采集和数据处理于一

体的智能化仪器,它具有 24 个宽频带信号输入通道,能够进行浅层地震波勘探(浅层反射波法、折射波法等)、波速测井、瞬态多道瑞利面波勘探、桩基完整性探测、地表常时微动测试以及建筑物的震动检测等工作。本次工作使用的是瞬态多道瑞利面波勘探。

探测过程中,我们选用 4Hz 低频检波器接受瑞利面波,锤击作震源,偏移距为 5m,道间距为 1m,预计探测深度为 15 ~ 25m,采集通道数为 12 道,采样间隔为 0.5ms,采样点数为 2048 点。地震采集的原始记录经计算机进行格式变换、前置放大、带通滤波、频谱分析和文件编辑等数据处理后,可得到供解释用的频散曲线,然后对频散曲线进行正演拟合,根据速度进行地质分层。

3 工程实例

基于上述原理与方法,我们对山东省汶上县琵琶山溢流坝坝址区进行了瑞利面波探测,通过对瑞利面波进行频谱分析和相关计算等处理,得出频散

曲线,并对频散曲线进行正演拟合,根据速度进行分层。

图 1、图 2 为桩号 0+342 和 0+346 的瑞利面波频散曲线,进行正演拟合,根据速度分层后得到的剖面图;

图 3、图 4 为桩号 0+516 和 0+518 的瑞利面波频散曲线,进行正演拟合,根据速度分层后得到的剖面图。

根据钻孔资料,桩号 0+342 处自上而下分别为:0 ~ 4.7m 为粗砂,4.7 ~ 8.8m 为泥质粗砂,8.7 ~ 9.2m 为粘土,其下为石灰岩;桩号 0+518 处自上而下分别为:0 ~ 4.8m 为粗砂,4.8 ~ 7.5m 为壤土和泥质粗砂,7.5 ~ 12.8m 为粘土和壤土,其下为石灰岩。

将剖面图与桩号 0+342 和桩号 0+518 附近的地质钻探资料对照,两种勘测方法得到的地层分布情况基本一致。可见在地质勘察中运用瑞利面波进行地质分层是可行的,其成果具有一定的实用意义。

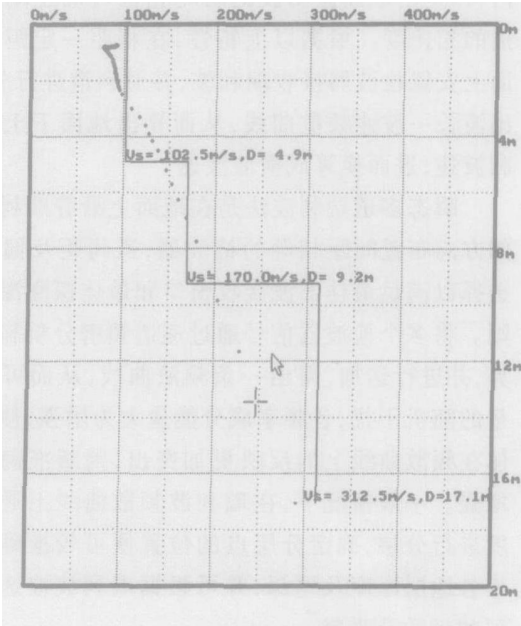


图 1 0+342 瑞利面波频散曲线正演分层图

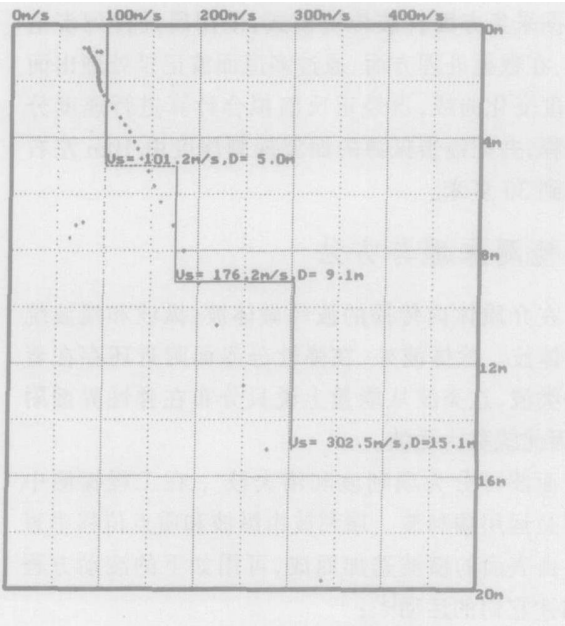


图 2 0+346 瑞利面波频散曲线正演分层图

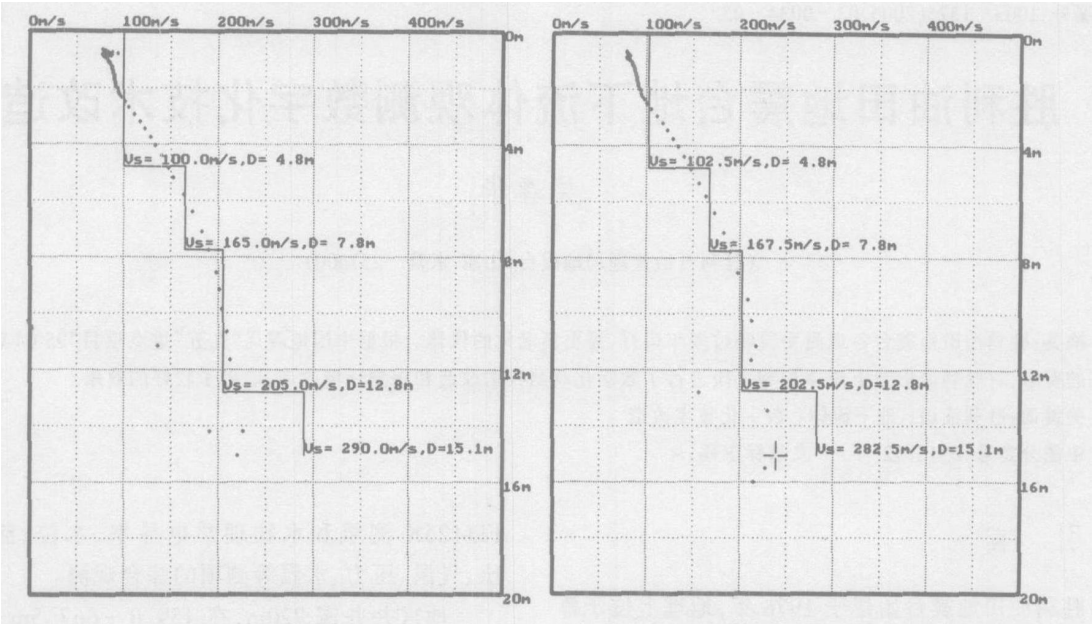


图 3 0+516 瑞利面波频散曲线正演分层图

图 4 0+518 瑞利面波频散曲线正演分层图

4 结束语

在地质勘察中运用瞬态多道瑞利面波进行地质分层,取得了较好的效果,其成果可为钻探成果的内插和外推提供依据。瑞利面波资料与钻孔资料相结

合,可使地质勘察资料更加翔实和可靠。面波与地质的有机配合,既可提高地质勘察的目的性、针对性和有效性,又可保证以合理的工期、合理的人、财、物的投入,获得更加满意的勘察效果。

参考文献:

[1] 李哲生. 瞬态多道瑞利波勘探技术的原理、方法、仪器设备和应用实例. 全国地下目的物探测方法研讨会论文集[C]. 上海, 中国纺织大学出版社, 1996.

Application of Rayleigh wave in geological exploration

ZHAO Ming-jie, ZHANG Gui-yu, LIU Bin

(Shandong Survey and Design Institute of Water Conservancy, Jinan 250013, China)

Abstract: Rayleigh wave is often used in geological exploration. Spectra analysis to Rayleigh wave and layering with velocity and drilling data can provide bases for the research of drilling data, and make the data accurate and reliable.

Key words: Rayleigh wave; geological layering; exploration