

# 多道瞬态面波法在工程勘察中的应用\*

李大虎, 李才明, 邵昌盛

(成都理工大学信息工程学院, 成都 610059)

**摘 要:** 多道瞬态面波勘探技术是近几年快速发展起来的一种新兴的工程物探方法, 将它应用于工程勘察方面具有很好的效果。本文介绍了面波的主要特性和勘探原理以及资料的整理解释方法, 最后列举了具体的勘察实例进行了分析。

**关键词:** 面波勘探; 多道瞬态面波法; 弹性波; 频散曲线

多道瞬态面波法(以下简称面波法)勘探是工程与环境地球物理勘察中一种新的浅层地震勘探方法, 利用其频散特性和传播速度与岩土物理力学性质的相关性可以解决诸多工程地质问题。常规的面波勘探只是一次采集一点的数据, 而多道瞬态面波勘探技术则是通过连续的排列移动, 同时收集面波资料和反射资料。处理的结果是一个剖面的信息。近几年, 随着面波勘探中软件和硬件的发展及面波勘探软件技术理论的进一步完善, 多道瞬态面波法越来越引起人们的重视。由于面波勘探与常规的地震勘探相比具有现场场地工作条件要求不高, 不受各地层速度的影响, 对浅部地层分辨率高等特点, 使得面波勘探技术在水利工程勘察中得到了广泛地应用, 并取得了较好的地质效果。

## 1 面波的主要特性

由于瞬态面波是在弹性分界面处基于波的干涉而产生, 并且沿界面传播, 波动现象集中在界面附近的一种弹性波, 其具有以下几种主要特性: 面波在自由表面附近传播时, 质点在波传播方向的垂直平面内振动, 振幅随深度呈指数函数急剧衰减, 质点的振动轨迹与波传播的方向或反方向的椭圆轨道运动; 面波的水平和垂直振幅从弹性介质的表面向内部呈指数减小, 大部分能量损失在二分之一波长的深度范围内, 这说明面波某一波长的波速主

要与深度小于二分之一波长的地层物性有关; 在多层介质中, 面波具有明显的频散特性。面波沿地面表层传播, 影响表层的深度约为一个波长, 因此同一波长的面波的传播特性反映了地质条件在水平方向的变化情况, 不同波长的面波的传播特性反映着不同深度的地质情况; 瑞雷波速度( $V_R$ )与横波速度( $V_S$ )具有相关性, 即瑞雷波速度主要与介质的密度或介质的松散度、紧密度有关, 因此对密度差异较大的地区进行地层划分方面有较好的分辨率。

## 2 面波的勘探原理

面波探测技术的基本原理是: 利用面波沿介质表面传播, 在多层介质中相速度发生变化等特征。数据采集时, 通过瞬态冲击力作为震源激发面波, 地表在脉冲荷载作用下产生波动。在离开震源稍远处, 用传感器记录面波的垂直分量, 对记录下来的面波信号做频谱分析和处理, 计算并绘制 $V_R-\lambda$ 曲线, 并将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的结构性状(如地层厚度、波传播速度等)存在着内在联系, 分析、研究和利用这种内在联系, 就可以达到探测地质体的目的。根据面波勘探的上述特点, 同时也考虑到面波勘探场地地层纵横向变化因素较多, 为了减少斜坡反射干扰, 使面波资料能真实反映地面上某一点下面地层垂直变化情况, 我们在野外采集过程

T443井5594.5~5597.5m井段(图1)为溶蚀孔洞型储层在该井段内溶孔发育储处, 可明显见到电导率分布主峰偏移零电阻率线; 而主峰对应的视地层水电阻率值为0.2, 其分布区间较宽为0.1~0.5之间, 主要分布区间为0.25~0.5, 都为单峰, 且峰值较高, 峰的分布较宽。说明像素点对应的视地层水电阻率较为集中, 且普遍较高。同时也表明该段内局部溶蚀孔处的视底层水计算数值大致相同。

T756井6062.0~6066.0m处为溶孔类型储层(图2), 在视层水分布图上可以看出, 该段内视地层水电阻率偏移零电阻率线, 但是距离比较段, 且都是单峰分布, 主峰分布比较窄, 其对应的电阻率数值为0.1, 峰的分布范围为0~0.1。

## 4 结论

视地层水电阻率是反映碳酸盐岩地层含流体性质的一个物理量。多口井视地层水电阻率分布计算表明, 油层和水层的视地层水电阻率分布是各不相同的。

油层所计算的视地层水电阻率的主峰数值大于0.1, 其主峰分布的范围较广, 且峰的幅度较宽; 对于水层而言, 所计算的视地层水电阻率的主峰都靠近于零电阻率基线, 数值小于0.1, 且主峰较为集中。这为利用成像资料识别流体性质提供了一种可能性。

## [参考文献]

- [1] 李鹏翔, 张盟物 正态分布法判别油水层的方法改进及软件设计[J] 江汉石油学院学报 1995, 17(1): 41~451.
- [2] 王秀艳, 周凤鸣, 王文先 浅谈利用正态分布法识别水淹层[J] 测井技术 1999, 23(1): 29~321.
- [3] 刘瑞林, 吴兴能等 塔河地区成像测井与储层识别技术研究 西北石油局勘探专题报告, 2006, 9.

\* 收稿日期: 2007-04-14

第一作者: 李大虎, 男, 汉族, 成都理工大学在读硕士, 主要从事工程地球物理方面的研究。

中,利用已知地质资料,优选测试参数,直到已知地质资料相吻合。

### 3 工程实例应用

以下是在某工区进行的瞬态面波勘探情况,为探测覆盖层厚度并进行地层划分,在勘探过程中,瞬态面波测试使用的仪器为吉林大学工程技术研究所开发的SE2404E型综合工程探测仪,检波器为重庆地质仪器制造厂生产的地震检波器(主频4.5Hz)。采用偏移距为1m,检波距为0.5m,大锤激发。在野外ZK1、ZK2两孔间布瞬态面波测试点5个,在资料的整理及解释过程中采用吉林工业大学工程技术研究所的GeoRwa4.0软件,先对瞬态面波记录在时间域中加时间窗,而后进行二维富氏变换,并在二维域中选择特征面波频散曲线,计算出瑞雷波视速度与深度曲线,最后进行分层,正反演拟合并求取层厚及 $V_s$ 值。其解释成果如下:

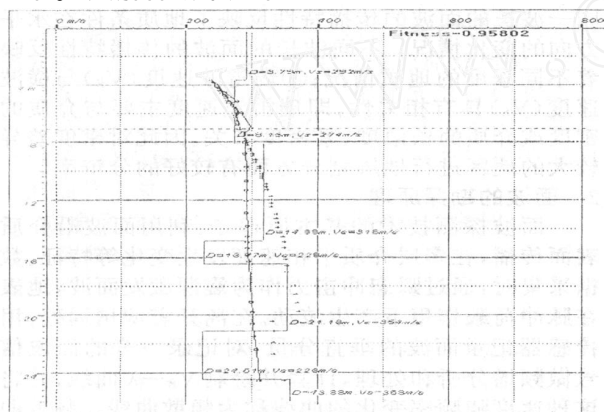


图1 瞬态面波频散曲线(ZK1旁)

0~14.87m,漂卵砾石夹砂, $V_s$ 平均295m/s,14.87~16.71m,中粗砂, $V_s$ 为228m/s,16.71~21.65m,粉质粘土, $V_s$ 为354m/s,21.65~24.50m,中粗砂, $V_s$ 为226m/s,24.50~43.86m,粉质粘土, $V_s$ 358m/s。

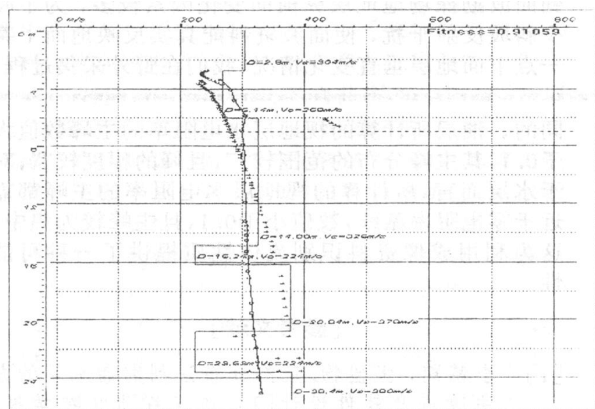


图2 瞬态面波频散曲线(ZK1~ZK2之间)

0~14.87m,漂卵砾石夹砂, $V_s$ 平均300m/s,14.87~16.22m,中

### The Application Of Multichannel Transient Surface Wave Method For Engineering Prospecting

**Abstract:** Multichannel transient surface wave method is a new engineering prospecting technology which developed rapidly in the last few years, it has been used in engineering prospecting with the good result. This text introduces to surface wave the sorting that the main characteristic and surface wave explore principle and data to explain the method, enumerating finally to investigated the solid example to carry on the analysis in a specific way.

**Key words:** Surface wave prospecting; Multichannel transient surface wave method; Elastic wave; Curve of frequency distribution

粗砂, $V_s$ 为224m/s,16.22~20.79m,粉质粘土, $V_s$ 为378m/s,20.79~23.62m,中粗砂, $V_s$ 为224m/s,23.62~38.41m,粉质粘土, $V_s$ 为380m/s。

### 4 结束语

多道瞬态面波勘探技术,一方面能准确反映和区分地下不同岩层的界面,指出其精确厚度和各层的波速,探测深度能够满足水利工程的需要,另一方面,所测波速能够直接反映岩土的物理力学性质,即通过测试的波速计算场地的类型类别、卓越周期以及各层的标准贯入、承载力等。因此,该方法不仅大大节省投资,而且明显地简化了现场工作程序,缩短勘察周期,提高了工作质量和效率,必将在诸多水利工程或其他勘察领域发挥越来越大的作用。

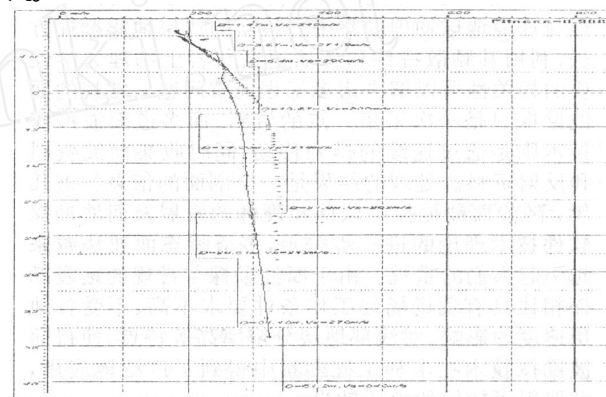


图3 瞬态面波频散曲线(ZK2旁)

0~10.66m,漂卵砾石夹砂, $V_s$ 平均290m/s,10.66~14.87m,中粗砂, $V_s$ 为216m/s,14.87~21.61m,粉质粘土, $V_s$ 为352m/s,21.61~26.52m,中粗砂, $V_s$ 为216m/s,26.52~51.20m,粉质粘土, $V_s$ 平均310m/s。

### [参考文献]

- [1] 杨成林等 瑞雷波勘探 北京:地质出版社,1993
- [2] 田钢,石占结,Don W. Steeples, Jiang H a i x i a 1 多道面波分析方法量土壤压实度方面的应用研究[J] 地球物理学进展,2003,(3):450~454
- [3] 刘云祯,王振东 瞬态面波法的数据采集处理系统及应用实例 物探与化探,1996,20(1):28~33
- [4] 李哲生 瞬态多道瑞利波勘探技术在岩土工程勘察中的应用 工程勘察,1996,(3):66~68
- [5] 肖柏勋,柴亚萍,石波. 基于扩充Prony法的瞬态瑞利面波的相速度提取 水利水电快报,1999,(20):73~77.
- [6] 王士恩,刘超常,郭伯强 用瑞利波检验高喷防渗墙的施工质量及地层分布特征 工程勘察,1998(6):62~64