

# 浅层地震反射波在工程勘察中的识别与应用

王志勇 王旭明 李 戟

(黄河勘测规划设计有限公司工程物探研究院 郑州市 450000)

**提 要** 浅层地震反射波法在基岩面、潜伏构造、地下空洞等不良地质体探测方面,具有十分显著的应用效果。该文从反射波时距曲线的理论公式推导开始,根据不同的地质模型正演计算获得时距曲线,结合实际采集的信号进行反射波对比分析与识别,该识别和处理方法可为读者提供一定的参考。

**关键词** 浅层地震 反射波 地震勘探

## Identification and Application of Shallow Seismic Reflection Wave in Engineering Surveying

Wang Zhiyong Wang Xuming Li Ji

(Institute of Geophysical Prospecting, YREC)

**Abstract** Shallow seismic reflection wave method has obvious application effect in bad geological body detection such as bedrock surface, buried structure, underground cavity and so on. Begined with the theoretical formula derived of time distance curve of reflection wave, according to time distance curve obtained by different geology model forward calculation, combined with the actual acquisition signal for reflection wave contrast analysis and identification, it can provide certain references for similar colleges.

**Keywords** shallow seismic; reflection wave; seismic exploration

### 1 前言

浅层地震反射勘探是工程地质勘察中的一种重要方法,其特有的高分辨率特性有利于确定地层界面、基岩起伏变化的形态。勘探成果的优劣取决于野外采集数据的质量、震源、检波器、观测系统、资料的解释、处理等。本文从反射波时距曲线的理论公式推导开始,根据不同的地质模型和观测系统,正演计算获得时距曲线,结合实际采集的信号进行反射波的识别与研究,其成果对外业生产有一定的参考作用。

### 2 浅层地震反射波法原理

在浅层地震反射勘探中,常遇到近似水平的层状多层介质。设有一组水平层状介质,在  $O$  点激发,在  $S$  接收,第  $i$  层的速度和厚度分别为  $V_i$  和  $H_i$ ,

则第  $n$  层底界面反射波到达  $S$  点的传播时间为通过各层的传播时间和,即:

$$t = 2 \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{V_i} = 2 \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_i \cos \alpha_i} \quad (1)$$

其中  $l_i$  是每一层中波传播的路径长度,  $\alpha_i$  是波在每一层中的入射角, ( $i = 1, 2, \dots, n$ )。

$$\text{由 snell 定理} \quad \frac{\sin \alpha_1}{V_1} = \frac{\sin \alpha_2}{V_2} = \dots = \frac{\sin \alpha_n}{V_n} = p$$

求得  $\cos \alpha_i = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha_i} = \sqrt{1 - p^2 V_i^2}$  并代入 (1) 式得:

$$t = 2 \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{V_i} = 2 \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_i \sqrt{1 - p^2 V_i^2}} \quad (2)$$

设  $S$  点接收处的水平坐标为  $X$ , 则第  $i$  层反射波到达  $S$  点时满足等式 (3):

$$X = 2 \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{V_i} = 2 \sum_{i=1}^n H_i \tan \alpha_i = 2 \sum_{i=1}^n H_i \frac{p V_i}{\sqrt{1 - p^2 V_i^2}} \quad (3)$$

多层水平介质的时距方程是由 (2)、(3) 式消去参数  $p$  后的方程。其曲线为双曲线 (见图 1)。

作者简介: 王志勇 (1978 -), 男, 工程师, 主要从事工程物探和工程质量检测的研究工作。

收稿日期: 2012 - 07 - 12

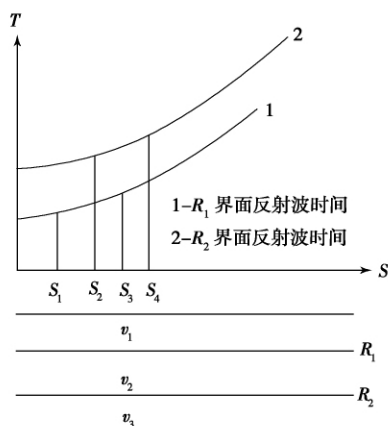


图 1 反射波时距曲线示意

### 3 几种常见的地质模型的正演模拟与实测记录对比

#### 3.1 水平两层介质

地震波在水平两层介质中传播,其时距曲线为单支双曲线,当第一层的厚度大于某个值时,反射波时距曲线和直达波时距曲线容易识别。图 2(a)、(b) 分别为水平两层介质正演模拟曲线和实测记录图。如果待探测工区只是两层地层结构,则选好观测系统,根据反射波的特点,很容易将反射波识别出来。观测系统的选择主要依据展开排列和正演计算。

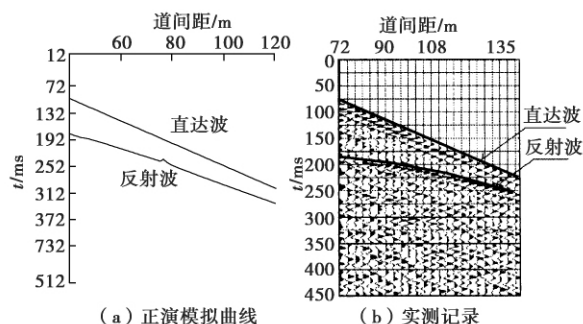


图 2 水平两层介质正演曲线与实测记录

#### 3.2 水平三层介质

为了便于研究,建立如下地质模型: 地层为三层水平介质,第一层厚度为 6m,速度为 500m/s,第二层厚度为 20m,速度为 2200m/s,通过计算绘图得出图 3(a) 三层水平介质反射波、直达波、折射波正演曲线图。由图看出,第二层上界面反射波和第二层下界面反射波在距离炮点 18 m 处相交。当检波点距离炮点小于 18m 时,反射波时距曲线按照地层顺序依次排列,当检波点距离大于 18m 时,反射波时距曲线则和实际地层相反。根据地质模型,在野外

选择和模型相近的地层进行野外数据采集,采集原始记录,见图 3(b)。对记录进行仔细观察和分析发现,实际采集数据和正演时距曲线基本符合。

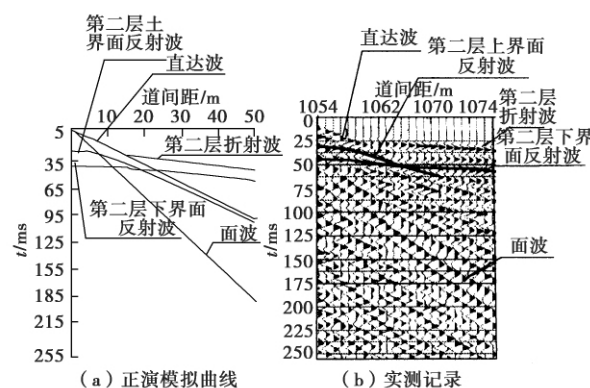


图 3 水平三层介质正演曲线与实测记录

### 4 复杂地震记录反射波识别方法与处理方案

地震反射波勘探时,地震反射波的识别非常重要。要想识别反射波,首先应对勘探的地质状况有一定了解,根据所掌握的地质状况进行外业展开排列。通过对展开排列和所掌握的地质状况,初步建立地质模型,并对该地质模型进行时距曲线正演计算和绘图,然后对照采集的原始记录逐步挑选目标层的反射波,确定反射波后可以按照地震反射的处理流程进行处理,能够得到比较接近实际地层的成果资料。

反射波识别时,有以下几个问题应值得注意:

1) 不能把浅层折射波当成目标层反射波; 2) 不能轻易将折射波后面出现的波当成勘探目标层的反射波; 3) 当地层较薄时,薄层上下界面反射波的时间间隔小于波形周期时,应注意仔细分辨; 4) 最好对照正演时距曲线去识别目标层反射波,以免误判造成解释错误。

当采集数据没有明显地震反射波时,应考虑以下处理方案来解决问题: 1) 根据初步了解的地质模型建立正演时距曲线,根据时距曲线设置最佳采集窗口; 2) 用组合检波器代替单个检波器采集; 3) 更换不同震源,寻求最佳激振方式; 4) 可能实际情况与地质模型差别太大,修改地质模型。

### 5 应用实例

#### 5.1 实例一

某工区上层覆盖黄土厚约 70 ~ 100m,基岩为砂岩,利用反射波法寻求基岩面。这是典型的两层状介质,由于黄土比较厚,采用地震折射法需要很大的能量,为了节约成本,本次采用浅层地震反射波法

进行勘探。在记录上确定反射波后,运用常规的处理手段处理成果,如图4。由图4看出,基岩面反映清晰,同相轴连续。

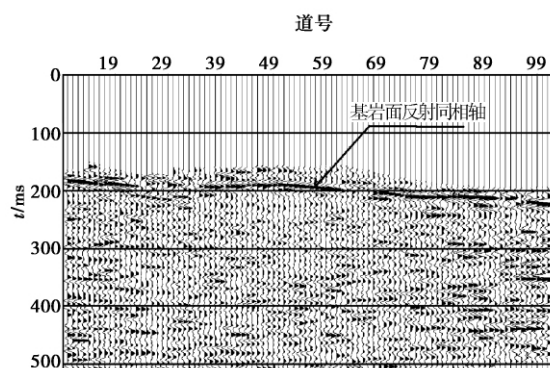


图4 两层水平介质地震反射波处理成果

## 5.2 实例二

某工区覆盖层厚度约6m,砂卵石厚度约30m,利用反射波法求砂卵石的底界面埋深。该工区采集的原始记录,见图3(b)。根据原始记录和正演时距曲线,识别第二层砂卵石底界面的反射波,然后运用地震反射处理手段得出成果图,见图5。由图5可见,处理效果明显,砂卵石反射波同相轴连续可追

(上接第54页)

经钻探揭露,2线剖面185m处的ZK3孔深度0~31m为第四系沟谷堆积物,31m以下为强风化砂岩,剖面275m处ZK4孔钻探16m全为碎石土,未见基岩,因塌孔而终孔。解释深度与实际厚度很吻合。

## 5 结束语

高密度电法是工程勘查中划分第四系厚度及土体结构的有效方法之一,具有快速、方便、成本低、效率高等特点。应用该方法只要事先掌握工区地质条

(上接第57页)

## 3 结论

通过以上两个实际勘探资料的对比分析,我们可以得出以下结论:1)反褶积处理技术较适合于第四系层状介质内目标的探测;2)反褶积可有效压缩地震子波,提高有效波频率,极大地压制层间多次反射波;3)拟进行反褶积处理的资料须具备较高的信噪比,否则,因反褶积本身降低信噪比的缺陷,会导致无法取得理想效果。

踪,基本上能够清晰反映砂卵石下界面的情况。该结果与钻孔验证情况相符。

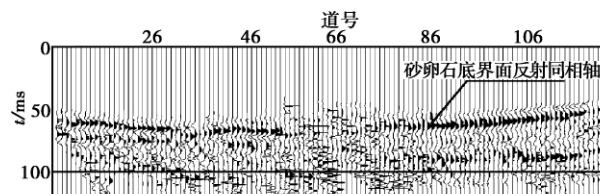


图5 三层水平介质地震反射波处理成果

## 6 结束语

在浅层地震反射波法勘探中,反射波的识别非常重要,它直接影响着成果的精度和可信度,因此在做浅层地震反射勘探时,要认真分析和识别反射波的位置,做出正确判断,力求勘探成果与实际一致。

## 参考文献

- [1] 王振东. 浅层地震勘探应用技术. 北京:地质出版社,1988
- [2] 王庆海,徐明才. 抗干扰高分辨率浅层地震勘探. 北京:地质出版社,1991

件,仔细分析地层间电性情况,结合已知钻孔资料或用钻孔资料后期修正勘察结果,就可能较准确地划分第四系地层厚度,确定基岩界面,达到预期勘察目的。

## 参考文献

- [1] 李金铭. 地电场与电法勘探. 北京:地质出版社,2005
- [2] 刘成禹,何满潮. 隐伏古护城河的勘查方法研究. 工程勘察,2006,(6):66~69
- [3] 王书民,孟小红. 频率域高密度电法在秦始皇陵地宫探测中的试验效果. 物探与化探,2004,(4):327~329

## 参考文献

- [1] 谢忠球. 浅层地震探测技术应用中的分辨率问题. 矿产与地质,1999,13(2):112~116
- [2] 张军华. 预测反褶积去多次波几个理论问题探讨. 物探化探计算,2009,31(1):7~10
- [3] 唐大荣,雷炜,彭成. Mini-Sosie 浅层高分辨反射波技术在西安市地裂缝研究中应用. 地球物理学报,31(6):708~712
- [4] 李忠生. 西安地裂缝勘察中的地震勘探. 工程勘察,2004,(5):64~67
- [5] 周洁玲. 反褶积与信噪比的关系研究. 西安石油学院学报,2002,17(4):25~27