

面波勘探及其在沙漠地区表层地质结构调查中的应用

曾校丰, 钱荣毅, 邓新生, 林万顺

(中国地质大学 工程技术学院, 北京 100083)

摘要: 反射波地震勘探中面波常被视为干扰波而加以去除, 但它却包含了丰富的有用地质信息; 面波勘探在地形及地质条件复杂的沙漠地区浅层地质结构调查中独具优势。介绍了在新疆准噶尔沙漠地区应用面波勘探进行地层地质结构调查的技术方法及其成功实例。由于合理地选取了采集、处理参数, 面波勘探深度超过 250 m, 取得了满意的勘探效果。

关键词: 沙漠地区; 地层结构; 面波勘探

中图分类号: P631.443

文献标识码: A

文章编号: 1000—8527(2001)01—0094—04

0 引言

瑞雷面波(以下简称面波)在反射波地震勘探中作为一种干扰波, 而应加以压制和去除。实际上面波在地层介质中传播, 肯定携带所经过介质的丰富的地质信息(如岩性、速度、深度等), 将这些反映地层特殊属性的有用信息提取出来, 可解决地质问题, 尤其是浅层地质问题^[1,2]。近年来的研究和实际应用表明, 瞬态瑞雷面波勘探(以下简称面波勘探)法对浅表薄层勘探具有分辨率高、施工条件要求低、仪器轻便、探测速度快、经济效益好等优点, 受到工程及环境勘探领域人员的极大关注, 并在浅表层工程勘探中得到了发展, 方法和技术渐趋成熟。然而在地形起伏的山地及西北沙漠地区, 它的应用还很少, 地质结构调查工作的开展也近乎空白。这些地区的地面地形突起陡降, 第四系覆盖层地质结构复杂, 采用常规的地震勘探方法(如反射波法、折射波法、微地震测井法等)对其进行地质结构调查工作, 往往难度大、投入成本高, 而得出资料的质量低, 勘探效益差。将面波勘探应用于这些地区的浅表层地质调查, 可能存在什么问题? 勘探效果如何? 需要采取哪些改进措施? 最大勘探深度是多少? 针对上述问题, 我们和新疆石油管理局地质调查处合作, 在新疆准噶尔盆地中心沙漠地区

进行了面波勘探的试验研究, 并获得了较理想的成果。

1 原理

理论研究表明, 瑞雷面波具有如下两个重要性质^[3~6]: 一是它在层状介质中传播时所特有的频散特性, 其传播相速度和穿透深度随频率和波长的改变而改变, 即不同频率(波长)面波的传播特性反映了地层垂向上的变化, 同一频率(波长)面波的传播特性反映了地质条件横向上的变化。换言之, 面波勘探的实质就是频率测深, 面波的频散特性是其应用于探测浅层地质结构的理论基础。二是同一介质中面波相速度与横波速度具有相关性。根据此性质就可轻易地将所测地层的面波速度转换为横波波速, 而横波波速真实地反映了地层的属性, 如疏密、软硬程度等, 是岩土力学原位测试中不可缺少的参数。

2 工区概况与数据采集

试验工区位于新疆准噶尔盆地中央的陆南地区, 起止桩号为 793~ 954, 全长 4 km。测线上砂梁起伏, 地面高程在 660~ 690 m 之间, 其相对高度大多超过 20 m。地表低处生长着稀疏的野草和梭梭柴等植被。地下砂层厚度超过 250 m, 无任何地表水,

收稿日期: 2000—05—15

作者简介: 曾校丰(1943—), 男, 副教授, 地球物理勘探专业, 主要从事地震勘探为主的教学、科研及开发工作。

表 1 陆南面波勘探试验及生产参数表

Table 1 Test and collect parameters of surface wave exploration in Lunan area

参数类型	偏移距 /m	道距 /m	检波器频率 /Hz	采样间隔 /ms	记录长度 /ms	药量 /g	炮坑深 /m	滤波
试验	50、35、20、12、 2、8、100、192	5、2 10	3.2、10	0.5、1	1 024 2 048	100、500、 1 000、4 000	0.5、1	无
生产	35	10	3.2	1	2 048	1 000	1	无

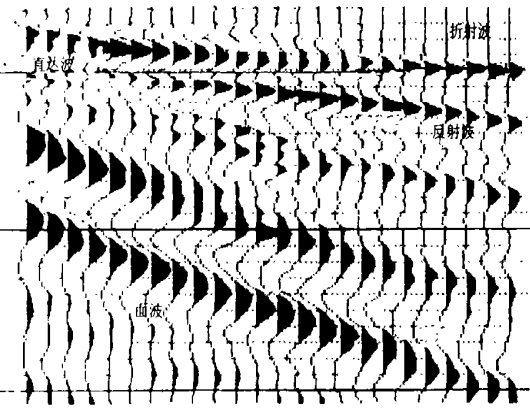


图 1 地震记录波形图
Fig. 1 Seismic raw waveform

地下水位也很深，是盆地内沙漠中心区域之一。地质勘探队曾采用地震反射法和小折射法在此进行勘探，因砂层太厚、地面起伏太大，所获表层地质资料质量欠佳。而采用微地震测井因难度大，成本高，所做的测点数有限，难以取得满意的勘探效果。

根据面波勘探理论和工区地形地质条件对采集参数逐项进行了实地试验，对试验资料的效果经分析对比后，确定出资料采集最佳参数，这些参数主要包括：偏移距、道距、仪器道数、排列长度、采样率、记录长度、每道样点数、检波器自然频率、仪器滤波参数、炸药量、炮井深度、排列方式以及地形影响等，详见试验及生产用采集参数表 1，参数的确定原则详见文献^[1]。

3 资料处理与解释

面波勘探记录中除有效波——面波信号外，还常有其他干扰波信号，如反射波、折射波、直达波等（图 1）。由频谱分析可知，面波信号频带常宽于其他干扰信号，尤其在低频段更是如此。因此，难以在一维频率域中将干扰波从面波信号中全部有效地消除掉，但它们之间存在明显的视速度及波数差异，根据此差异进行视速度和波数（长）滤波，可压制干扰，提取面波。其大致步骤如下：

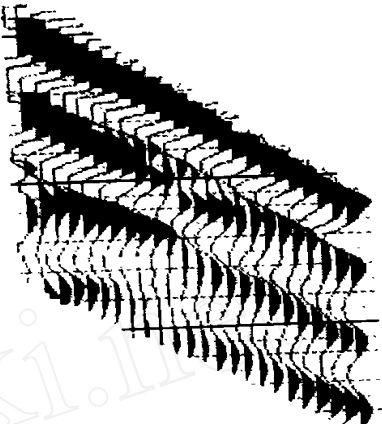


图 2 面波记录波形图
Fig. 2 Surface wave waveform

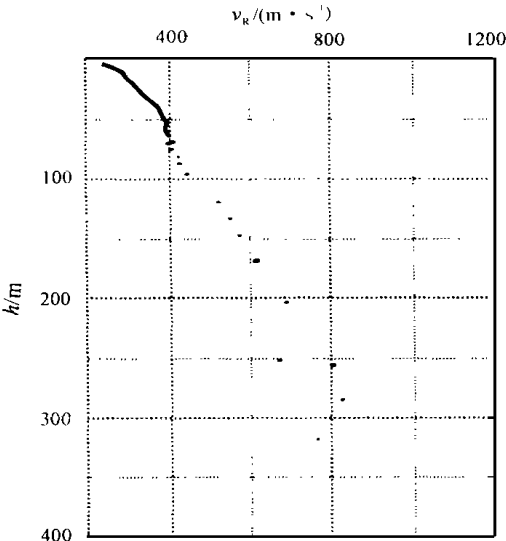


图 3 实测频散曲线
Fig. 3 Dispersion curve

首先根据每个炮点记录中面波信号的群速度特性及其分布范围将面波记录信号从测点炮集记录中切出来（图 2）。其次采用专用软件对面波记录进行频率波数域滤波处理，并计算出实测频散曲线（图 3）。然后，根据该实测频散曲线的拐点和斜率及形态特征进行地层分层，以此分层参数（厚度和速度等）作为反演模型的参数进行反演，并反复修改模

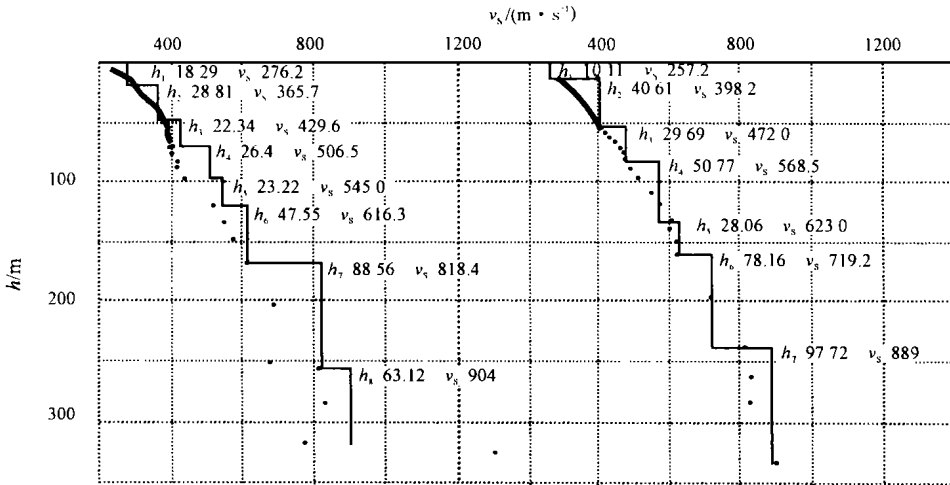


图 4 频散曲线与地层结构参数图

Fig. 4 Dispersion curve and layer structure

型参数,使反演结果(曲线)与实测结果(曲线)拟合得最好最满意为止,从而求出该测点较准确的地层结构参数——速度和厚度。由于面波波速与横波波速的相近性,因此,计算程序一般将面波速度直接转换为横波速度,并标注在测点的深度和速度曲线图上(图4)。

将所求出的各测点地层厚度(或换算为高程)和地层速度展布到以测点(或测点桩号)为横坐标,高程为纵坐标的剖面图上,并主要根据测点各地层速度值对地层进行分层解释,将沿测线方向上速度相近的层视为同一地层,勾绘出勘探成果剖面图(图5)。为便于对比,图5中将地震微测井方法所得低降速带底界深度(高程)以点和折线的形式在成果剖面图中示出。求出横波波速 v_s 后,也可通过其他方法再由 v_s 求出纵波波速 v_p ,并利用该 v_p 以及由面

波勘探求出的地层结构参数(厚度)进行更精细准确的静校正处理。

由图5不难看出,测区地面以下厚约250m的覆盖层,通过面波勘探又可将其细分为6个小薄层,薄层厚度从几米到几十米不等,它们的展布形态生动、细致,使我们对探区浅层地质结构的认识更全面、更深刻。薄层之间的速度差异仅有几十米每秒,其分辨率之高是其他地震勘探方法难以相比的。

4 结 语

通过对新疆准噶尔盆地沙漠地区面波勘探的试验研究可得出以下结论:

(1)从图4、图5中不难看出采用面波勘探所得的覆盖层底界和采用微地震测井方法所确定的该底界基本吻合,但面波勘探方法所确定的底界形态更生动、更细致、更可信。

(2)和其他地震勘探方法相比,面波勘探所能识别的相邻地层的波速(也就是物性差异)更小,对地层之间的波速差异要求更小,它对地层的分辨能力更强、更准,因而对地层结构的认识更深刻。

(3)由于采集、处理参数选取合理,在该试验区内面波勘探深度大于250m,解决了以往面波勘探法勘探深度偏小的缺陷,说明该方法不仅对埋深较浅、厚度较薄的地层具有较高的分辨率,而且完全可以用于解决深度250~300m以内的地质问题。

(4)在相类似的地表地区进行面波勘探时,采集参数的选取是至关重要的。对道间距、偏移距、最大炮检距、炸药量以及检波器自然频率等几个重要

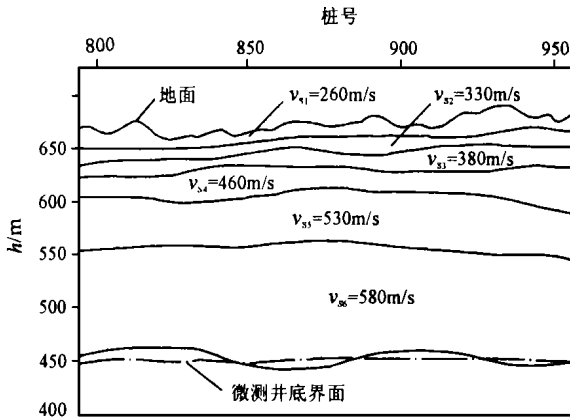


图 5 陆南工区面波勘探成果图

Fig. 5 Map showing surface wave velocities & depths of Lunan area

参数, 应根据具体的地质情况通过现场充分的试验和认真的分析对比, 以确保最佳参数的选取。所用地震仪的道数不应少于 24 道, 最好为 48 道或 60 道。当测点附近的地面起伏不平时, 可调整排列的方位, 使排列尽量分布在同一高程的地面上, 即减少整个排列中各测点的高程差, 此种情况下不要求排列与测线重合或平行。

(5) 面波勘探受地形和地质条件(如地层速度倒转)的限制和影响小, 使该方法在地形和地质条件急剧变化的地区(如山地及西北沙漠区)具有很明显的优势。

参考文献:

[1] 杨成林 瑞雷波勘探 [M]. 北京: 地质出版社, 1993 2—5

- [2] 黄嘉正 瑞雷波勘探“工程与环境物探新方法新技术”[M]. 北京: 地质出版社, 1996 41—59
- [3] Jones R. Surface wave technique for measuring the elastic properties and thickness of toad theoretical development [J]. Brit J Phys, 1962, 13: 21—29
- [4] Tan H H. Generalized Rayleigh waves in layered solid-fluid media [A]. Second International Conference on Recent Advances in Geotechnique Earth Engineering and Soil Dynamics [C]. Missouri: St Louis, 1991
- [5] Tajuddin M. Rayleigh wave in a poroelastic half-space [J]. J Acoust Soc Am, 1984, 75 (3): 682—684
- [6] Vardoulakis L, Vrettos C. Dispersion law of Rayleigh-type waves in a compressible gibson half-space [J]. Int J Numer Methods Geomech, 1988, 12: 639—655

RAYLEIGH WAVE EXPLORATION APPLIED TO INVESTIGATE SURFACE GEOLOGICAL STRUCTURE IN DESERT ZONE

ZENG Xiao-feng, QIAN Rong-yi, DENG Xin-sheng, LIN Wan-shun

(China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: In seismic exploration, surface wave is often regarded as disturbing wave and is removed, but it really contains plentiful and useful geological information. Surface wave exploration has an advantage over all other wave explorations in complex shallow geological configuration, especially in desert. The paper simply introduces the method and successful example of surface wave exploration, which is applied to survey slow velocity belt and stratum structure in desert where terrain and geological condition are complicated. With just collecting and processing parameters, the depth of surface wave exploration is larger than 250 meters.

Key words: desert area; subsurface stratum structure; surface wave exploration