

“西气东输”线路勘察中的反射波法及其应用效果

钟宙灿,雷 宛,肖宏跃

(成都理工大学 信息工程学院,成都 610059)

摘要: 反射波法地震勘探以其采集丰富的地下信息、高分辨率等诸多优点在工程勘察中得到广泛应用。该文结合“西气东输”线路勘察的工程实例,介绍了地震反射波法方法原理与技术,着重突出数据处理的重要性;分析对比了不同参数与方法对处理剖面的影响,确定了地震反射波法资料处理的主要方法和基本流程,特别加强对各 CMP 道集的速度分析,得到清晰的反射剖面,并给出了综合地层和速度的反射波解释剖面,为工程可行性研究和设计工作提供详细的地质资料和设计参数,取得了良好的勘探效果。

关键词: 西气东输; 线路勘察; 地震反射波法; 资料处理

中图分类号: P631

文献标识码: B

Reflection approach used in pipeline survey for the West-to-East gas transmission project and its application effects

Zhong Zhoucan, Lei Wan, Xiao Hongyue

(College of Information Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Seismic reflection approach has been widely used in engineering survey for the advantages such as gathering rich underground information and high-resolution. Taking the pipeline survey for the West-to-East gas transmission project as an example, the principles and techniques of seismic reflection are introduced, and the importance of data processing is emphasized. The influences of different parameters and methods to the processing sections are analyzed, and the main method and basic flow for the reflection data processing are determined. The velocity analysis of the CMP gathers is especially enhanced. The clear seismic profiles are acquired, and the reflection interpretation profiles that combine the formation and the velocity are presented, which provide the detailed geological data and design parameters for the engineering feasibility studies and design. The excellent exploration effects are obtained.

Key words: the West-to-East gas transmission; pipeline survey; seismic reflection approach; data processing

0 引言

我国“西气东输”工程起始于2001年,迄今为止,已完成“西气东输”一线和二线,正在进行各支线的勘察设计工作,管道总长度超过7000km。“西气东输”项目的开展和建设,促进了我国国民经济的快速发展,使我国资源得到更加合理和充分的利用。在“西气东输”前期线路勘探中,需要对线路所经地区的工程、水文、环境地质等进行全面勘查和评价,其中包括反射波勘探、折射波勘探、钻探等;钻探可直接反映地下介质分布,但局限于局部地段,不能完整连续地显示地下构造和地层情况,特别是在可能存在有不良地质结构的情况下,

必须加密钻孔间距,增加了勘探费用;折射波法应用条件较为苛刻,对速度差异不大的地层不能清晰分辨,且需要较大的激发能量,可能对环境和安全造成危害;反射波法需要的场地较小、激发能量不需太大,对于地下介质的复杂构造能够提供更多更详细的地下信息。地震反射波法作为一种科学而经济的手段,随着工程勘察的深入发展,体现出诸多优越性,得到越来越广泛的应用。

进行地震反射波法勘探工作,涉及到工作原理

收稿日期: 2009-07-08; 修订日期: 2009-11-05

作者简介: 钟宙灿(1979-),男(汉族),陕西乾县人,硕士。

与技术要求等方面^[1]。本文结合“西气东输”线路勘察工作,介绍了反射波法的实际应用与效果。

1 反射波法勘探原理

地震反射波法是利用波在不同弹性介质分界面上按一定规律产生反射的原理,以锤击或其它震源方式在地面激发向下传播的地震波,遇到不同的波阻抗界面时,在该界面处产生向上反射的反射波,其反射系数 R_n 为:

$$R_n = \frac{\rho_n V_n - \rho_{n-1} V_{n-1}}{\rho_n V_n + \rho_{n-1} V_{n-1}} \quad (1)$$

式中: ρ_n 、 ρ_{n-1} 分别表示第 n 层、第 $n-1$ 层的介质密度, V_n 、 V_{n-1} 分别表示在介质中地震波的传播速度。反射波法勘探就是基于这一原理,在地面所布置的测线上安置检波器,接收来自地下的地震反射信号,通过对反射信号的数字处理和分析解释,确定地层结构和地下介质的弹性参数,从而达到工程地质勘察的目的^[2,3]。

2 勘察实例

作者所在的工程物探研究室,多次采用反射波法进行“西气东输”线路工程勘察,取得了十分明显的效果。现以某工区为例,说明反射波法的应用技术和效果。

2.1 工区地震地质条件

工区位于由东江冲积而成的三角洲平原,地势低平、水网纵横,工区内多为人工填土,厚度一般 2m 左右;测线附近分布有鱼塘,填土层底部分布着粘土、残积土、粗砂、泥质粉砂岩、泥岩等。经工区进行的地震地质条件调查表明,第四系松散堆积层与基岩层有明显的波阻抗差异;基岩层内的泥岩与砂岩存在可形成反射界面的波阻抗差异,具有进行地震反射波法的地球物理条件。

2.2 工作方法技术

数据采集的质量直接影响勘探成果的精度,数据采集时,首先考虑压制干扰波、提高信噪比、获得较高分辨率的地震记录。现场试验工作后,通过对干扰波及有效波运动学及动力学特征的分析,设计合理的观测系统,选择适当的仪器参数,可较好地保留反射波中的高频成分,提高地震资料在纵向和横向上的分辨率。

根据工作目的、技术要求和现场勘察情况,在工区中布置了一条主测线。根据对试验结果的分析,确定偏移距 12m,道间距 3m。为了提高地震记录的信噪比,压制多次反射等干扰,采用单边激

发 6 次覆盖观测系统。本次采用的仪器为 WZG-48A 工程地震仪,震源均采用锤击方式,在现场试验和记录对比分析基础上,确立了采集参数。仪器记录方式为模拟滤波全通 (AP),记录长度为 200ms,采样率为 0.1ms,增益为 -54dB。

3 资料处理及其需要注意的问题

3.1 数据处理流程

数据采集后,需要对地震原始数据进行处理。资料处理中要反复试验对比,以确立适合该工区地震反射波法资料处理的基本流程^[4],即:对原始数据进行解编、格式转换、道炮编辑、几何扩散校正、频谱分析、一维滤波、FK 二维滤波、预测反褶积、道均衡、一维滤波、FK 二维滤波、定义观测系统、选排、速度分析、动校正叠加、脉冲反褶积、去噪和修饰性处理。频谱分析和带通滤波在处理的各阶段进行,以提高信噪比。

处理中要采用各种提高浅层反射资料信噪比和分辨率的措施,尤其注重反褶积和速度分析,以保证在处理中每个环节取得最佳效果。

3.2 反褶积及效果

由于地震波在传播过程中能量的衰减与频率和双程时间成正比,高频成分衰减快,使子波主频降低、频带变窄、波形拉长,导致分辨率降低,因此需要在叠前通过压缩基本地震子波成为尖脉冲以提高地震资料的分辨率。通过反复分析对比,本次处理中采用了叠前预测反褶积和叠后脉冲反褶积,试验了不同处理参数^[6],得出了最佳的算子长度、预测步长及预白百分比。

图 1 为未经过反褶积得到的时间剖面,基本达到了压制干扰波的目的,信噪比较高,地震记录的纵向分辨率不高,浅部同相轴比较少且不连续;75 ~ 200ms 之间反射层同相轴不光滑且不连续。

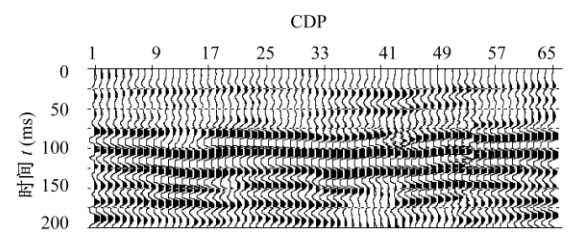


图 1 未经过反褶积的时间剖面图

图 2 为经过反褶积得到的时间剖面,地震子波得到较大程度压缩,分辨率大大提高,浅部同相轴

增多，同相轴能量强、连续性好。

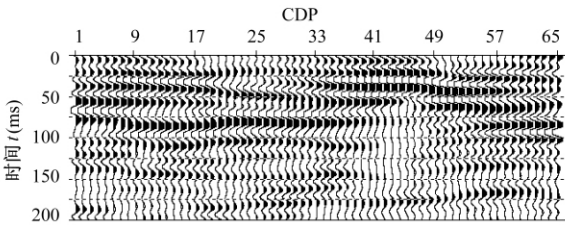


图2 经过反褶积后的时间剖面图

3.3 速度分析

速度分析是地震反射波法资料处理中的关键环节，它的准确与否对于正常时差校正、剩余静校正、共深度点叠加、时深转换等都会产生影响^[5]。在数据处理中，为了精确拾取速度参数，特别加强对各 CMP 道集的速度分析，间隔 5 ~ 10 个甚至更密的 CMP 道集进行速度分析。在对 CMP 道集进行速度分析时，除了预计地下实际速度可能的范围以外，还应当考虑叠加数据所需的速度范围和实验这些迭加速度采用的间隔大小，在多层情况下，应拾取尽量多的同相轴，并保证拾取的是同一层的速度，要根据叠后剖面对速度分析进行反复的检验和修改。

图3是间隔10~15个CMP道集速度分析得到的时间剖面，浅部反射层位不够连续，不利于层位追踪，将给解释工作带来困难。

图4是选择最佳处理参数得出的最终时间剖面。可以看出时间剖面反射层位清晰，纵向分辨率以及信噪比高，较好地反映了不同的反射界面。

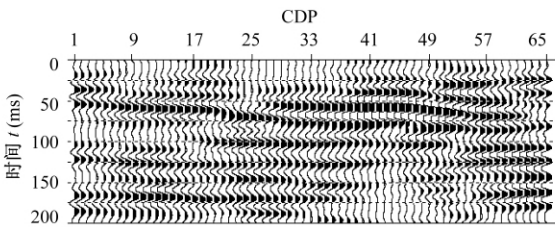


图3 未加密速度分析的时间剖面图

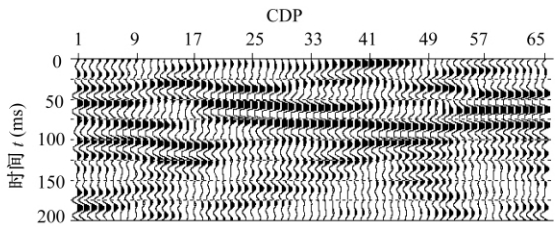


图4 加密速度分析后的时间剖面图

4 应用效果

图5是综合了地层和速度的最终地震反射波解释剖面。从图中可以看出，不同的地层层位，对应着不同的纵波速度。分析认为：工区浅地表依次为人工填土、粘土、残积土，厚度由数米至11m，波速为900~1300m/s；强风化层波速为1500~2100m/s，主要由泥质粉砂泥岩组成，厚度约为15m；中风化层波速为2300~3000m/s，主要由砂泥岩组成，厚度均匀，约为11m；微风化层波速在3000m/s以上，属于砂泥岩交互层。纵向上速度分层较为明显，横向上速度变化不大，工区中不存在断层及其他不良地质现象。经钻孔验证，符合率达90%以上。

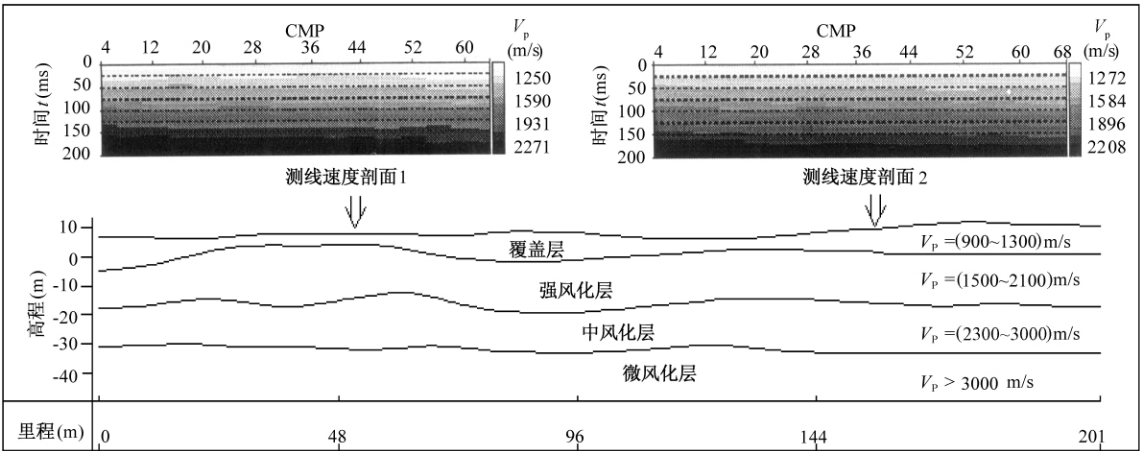


图5 解释剖面图

5 结论

本文以“西气东输”线路勘察工程为例，介绍了地震反射波法在线路勘察中的原理及工作技术，并给出了勘探结果。研究工作表明，地震反射波法以其丰富的信息、较高的分辨能力和高效率低成本等优越性，能够准确地确定了第四纪覆盖层厚度、各风化层厚度以及是否存在隐伏断层等不良工程地质现象，为工程可行性研究和设计提供详细的地质资料和设计参数。

随着科学技术的发展，工程设计对勘探精度要求越来越高，这就要在进行反射波法勘探时改善某些处理手段。为了得到高精度、更为可靠的勘探效果，数据采集时应选择最佳的观测参数并利用折射来获取近地表速度信息；处理过程中反复分析对比不同的试验参数处理效果，选取最佳处理参数，以

确保各环节达到最佳处理效果；结合工区钻孔资料、地质资料综合解释，从而达到调查近地表精细结构、第四纪覆盖层厚度及基岩内部分层的目的。

参 考 文 献

[1] 雷宛, 肖宏跃等. 工程与环境物探教程 [M]. 北京: 地质出版社, 2006.
[2] 杨宝俊等. 勘探地震学资料解释的基础与应用 [M]. 北京: 地质出版社, 1996.
[3] 王兴泰. 工程与环境物探新方法新技术 [M]. 北京: 地质出版社, 1996.
[4] 张胜业, 潘玉玲. 应用地球物理学 [M]. 中国地质大学出版社, 2004.
[5] 李录明, 李正文. 地震勘探原理、方法及解释 [M]. 北京: 地质出版社, 2001.
[6] 孙红亮, 雷宛等. 岩溶地区地震映像法的资料处理 [J]. 勘察科学技术, 2006, (2): 60 ~ 64.

(上接第 82 页)

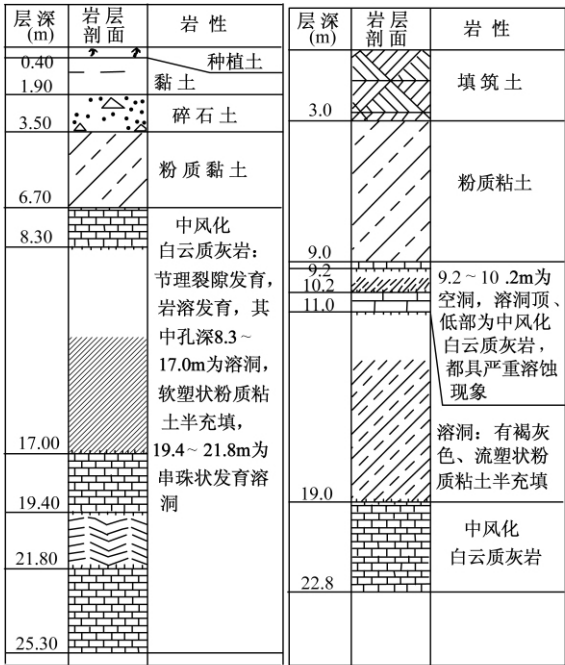


图 3 钻孔柱状图

中风化白云质灰岩，青灰色，其中 9.2 ~ 10.2m 为空洞，溶洞顶、底板灰岩中见严重溶蚀现象，并附有溶蚀粉末；孔深 11.0 ~ 19.0m 为溶洞，有褐灰色、流塑状粉质粘土半充填。可见，物探的推断结果是十分准确的。

5 结语

本次物探工作查明了郴宁高速公路 K196 + 500 ~ K196 + 700 段岩溶发育情况，为道路的施工和设计提供了指导性的基础资料。通过实践应用可知，地质雷达方法可快速准确地查明溶洞的发育位置和埋深，而高密度电法可对异常进一步进行确认，确保资料解释的可靠性和准确性，钻探验证结果也证明了这两种方法在溶洞探测方面的有效性。另外，采用地质雷达和高密度电阻率等物探方法对灰岩地区开展溶洞探测可弥补钻探以点代面的缺陷，同时，可节省完全采样钻探方法所需的成本，今后可在实际应用中进一步推广。

参 考 文 献

[1] 何文勇, 俞仁泉. 高密度电法在山区高速公路地质灾害勘察中的应用 [J]. 工程勘察, 2009, 37 (3): 89 ~ 94.
[2] 谢永坚, 刘志辉, 曾田胜. 工程物探技术在高速公路工程勘察中的应用 [J]. 公路, 2006, (8): 292 ~ 294.
[3] Tonghua Wu, Qinxue Wang, Masataka Watanabe, et al. Mapping vertical profile discontinuous permafrost with ground penetrating radar at Nalaikh depression, Mongolia. Environmental Geology, 2009, 56 (8): 1577 ~ 1583.
[4] 刘汉乐, 周启友, 吴华桥. 轻非水相液体污染过程的高密度电阻率成像法室内监测 [J]. 地球物理学报, 2008, 51 (4): 1246 ~ 1254.