

55-61

不同地区工程勘察的高分辨率地震反射探查

p 642

刘保金¹, 张天航², 冷欣荣¹

(1. 中国地震局地球物理勘探中心, 河南 郑州 450003;

2. 郑州工业大学, 河南 郑州 450003)

p 631.4

摘要: 通过4个实例介绍了利用高分辨率浅层地震反射技术在不同地区进行工程勘察的方法特点及资料特征. 结果表明, 浅层地震反射法在岩层划分、探测地下岩溶和隐伏断层等方面有独到作用, 可为工程的设计和建设提供可靠的地质依据.

关键词: 地震勘探; 工程地质; 活断层; 浅层地震反射探查

中图分类号: P631.4; P631.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(1999)01-0055-07

0 引言

近年来, 随着工程建设的迅速发展, 高分辨率浅层地震勘探受到了高度重视^[1]. 中国地震局地球物理勘探中心在为一些重点工程选址以及在一些工程项目中采用高分辨率浅层地震勘探进行工程地质勘察, 均取得了较理想的结果. 本文通过郑州交通大厦、天津国贸大厦、山东临沂市西区和内蒙古自治区神府煤田4个较典型的工程勘察实例, 简要介绍利用高分辨率浅层地震反射技术在进行第四系内部沉积物分层、活动性断层勘察、地下岩溶探测以及在大沙漠地区进行煤田勘察工作中, 野外数据采集、室内资料处理与解释的方法技术. 文中列举的地震时间反射剖面 and 地质解释已交有关部门详查施工, 并作为相应工程的勘察设计依据, 有的工程地质解释结果已被钻探资料证实, 表明所用方法及资料的处理和解释是合理的并且是正确的.

1 工作区概况和勘察目的

1.1 郑州交通大厦

工程场地位于市区繁华地段. 场地表层1 m左右为近期杂填土, 下伏地层岩性主要为粉土、粉细砂、淤泥质粘土、砂砾岩或中砂构成的松散或半固结沉积物.

勘察目的: 对场地60 m以上的地层进行分层, 调查地下地层介质的纵、横向展布特征.

1.2 天津国贸大厦

工程场址位于天津保税区东侧, 场址西部为堆积平原区, 东部为潮间带和渤海水的下岸坡, 上伏第四系厚度约400余米. 其内部沉积物以含淤泥质粉砂、细砂为主, 潜水面距离地表约为1 m.

勘察目的: 探测100~400 m深度范围内的地层展布, 查明可能通过场址区的断层位置及活动性.

收稿日期: 1998-01-19

第一作者简介: 刘保金, 男, 1961年9月生, 工程师, 主要从事大地构造、工程和水文物探方法的研究.

1.3 山东省临沂市西区

测区位于郯-庐断裂带西侧,下伏基岩为石炭~二叠系灰岩,其埋深一般在10 m左右.近年来该区曾多处发生岩溶塌陷,城市建设中也发现了一定规模的岩溶,因此,查明区内岩溶分布,圈定出潜在岩溶塌陷危险区域是实施岩溶塌陷综合治理的一项重要内容.

勘察目的:对临沂市西区5个主要的大型厂矿区进行地下岩溶调查,圈定出潜在岩溶塌陷危险区域或地段.

1.4 神府煤田大柳塔矿

工作区位于鄂尔多斯高原东南部,陕北黄土高原北缘与毛乌素沙漠的东南缘.属沙漠风积及黄土冲积型地貌单元,沙丘、沙垅和平缓沙地呈无规则分布.区内广泛发育有早中侏罗世煤系地层.工程施工期为12月,恰好为该区的冻土期,冻土层厚度一般为40~60 cm.在工区内共布置浅层地震勘探线6条,全长23.5 km.

勘察目的:探查206煤盘顶采区沿20405运输顺槽、20601回风顺槽、20601运输顺槽以及20602运输顺槽的 2^{-2} 煤层的纵横向展布及断层分布.

2 野外数据采集方法

在浅层地震反射勘探中,目前广泛采用“多次覆盖”、“最佳窗口”和“最佳偏移距”观测技术^[2].但是在野外进行数据采集时采用哪一种观测技术和记录手段,应根据不同工区的地震地质条件和勘察目的,通过现场观测试验来选定.因此,在进入一个新的工作现场后,应首先进行数据采集方法、观测系统参数和仪器采集参数试验,主要包括:

- (1) 激发方式和激发条件试验,包括孔深、药量、锤重、垂直迭加次数或震源枪弹能量等.
- (2) 观测系统参数试验,包括道间距、偏移距和覆盖次数等.
- (3) 仪器采集参数和检波器固有频率试验.

(4) 结合工区实际情况,特别是对于那些没有钻孔资料的工区,应开展一定数量的折射工作或进行扩展排列试验.

在浅层地震勘探中,探测的目的层一般较浅,要探测的地下地质体的尺度一般较小,勘察的对象多为土质地基或较软的岩层.特别是在进行第四系内部沉积物分层和活断层勘察时,由于第四系内部各地层界面的波阻抗差异较小,断层断距一般较小.因此,野外数据采集的关键是要获得信噪比和分辨率较高的地震资料.为了提高地震记录的信噪比和分辨率,工作中常采用小道距、小偏移、小排列、小采样、小能量激发和高频检波器、高宽频带记录的数据采集方法.

图1所示的记录是我们采用具有高抗干扰能力、高灵敏度、大动态范围的ES-2401地震仪和5 m道间距、50 m偏移距、24道接收等数据采集方法获得的.可以看出,图1所给出的记录具有较高的信噪比和分辨率.几组好的反射震相已清晰可辨,属浅层地震勘探中较优质的记录.

根据以上技术思路 and 不同工区的地震地质条件及勘察目的,并通过现场反复试验,在4个工区分别采用了表1所示的最佳激发和观测条件.

3 室内资料处理及解释

3.1 室内资料处理

浅层地震勘探的资料处理是勘探工作的中心环节.浅层地震勘探的记录特点为“高分辨率”和“干扰波强烈”.因此,有效地保护和恢复地震记录中的有效高频信息是资料处理的关键.

千方百计地压制干扰,提高地震时间剖面的信噪比和分辨率则是资料处理的最终目的。

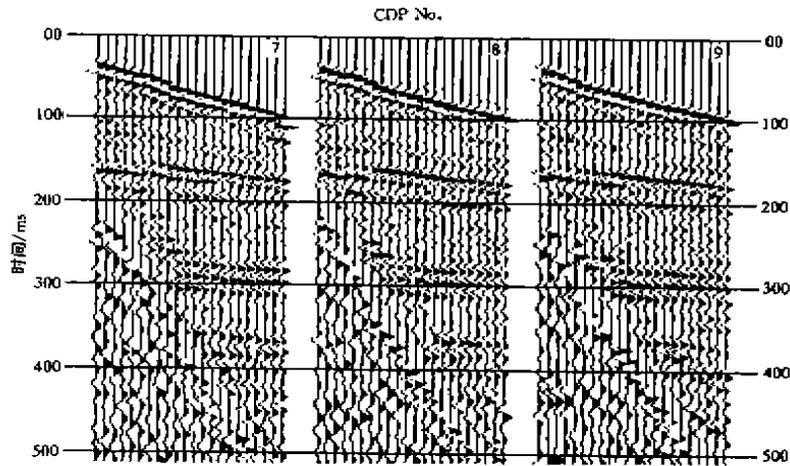


图 1 原始共炮点记录

Fig. 1 Original records of common shot.

表 1 4 个工区的工作参数表

工程名称	郑州交通大厦	天津国贸大厦	临沂西区	神府煤田大柳塔矿
勘察目的	沉积物分层	地层分布、断层活动性	岩溶探测	2 ⁻² 煤层和断层分布
道间距/m	1	5	1	5
偏移距/m	10	30	8	50
检波器频率/Hz	100	38	100	60
采样间隔/ms	0.2	0.5	0.1	0.2
样点数/点	2 048	2 048	1 024	2 048
覆盖次数/次	12	6	共偏移距	12
记录通频带/Hz	90~500	50~500	140~1 000	70~500
激发方式	落锤	浅孔, 200 g	锤击	浅孔, 300~450 g
仪器型号	ES-2401	ES-2401	ES-2401	ES-2401

由于针对不同工区的地震地质条件和勘察目的,在数据采集中应用了不同的方法和参数,所获得的地震记录的运动学和动力学特征也具有一定的差异,因此,在资料处理中应根据不同的原始资料特点,对各种处理手段进行测试、分析、研究和参数的对比选择试验,进而设计出最佳处理流程及方案。目前,我们采用的主要数据处理流程见图 2。

在浅层高分辨率地震反射^[3]资料处理过程中,有一些处理手段和参数需仔细选择:

- (1) 认真细致地做好记录中的坏道、野值及干扰波的编辑切除。
- (2) 精选滤波、反褶积参数。
- (3) 细致地做好长短波长分量的静校正处理。
- (4) 精确拾取不同界面反射波的叠加速度。
- (5) 探测落差较小的断层、裂隙或尺度较小的地下地质体时,慎用较强的修饰性处理。

3.2 资料解释

浅层地震勘探的资料解释^[4]一般把 CDP 叠加时间剖面 and 叠偏剖面作为基础资料,特殊地

段的资料解释还需结合原始记录和某些中间处理结果. 地震时间剖面的波组特征反映了地下地层界面的物性差异, 因此, 资料的最终解释还应根据工程地质钻孔资料, 将其转变为地质语言.

3.2.1 层组划分及工程地质分层

根据时间剖面上的层位波组特征, 找出标准波组对应的层位, 依照整个工区的波组对应一致性, 追踪对比出标准反射层. 根据时间剖面上其它反射波组的连续性、波形的频率、相位及振幅相似性进行层组划分及工程地质分层.

3.2.2 断层解释

地震时间剖面上存在相似动力学特征的波组出现明显的错断、跳变, 同相轴发生分岔、合并、混乱或有绕射现象时, 根据时间剖面特征可初步解释为断裂或其它不良的地质现象. 在活断层的探测与研究工作中, 确定断层的产状和分布还必须与下伏基岩面及第四系内部构造特征联系起来.

3.2.3 岩溶及塌陷区解释^[5]

地震时间剖面上出现有明显的低频、低速、强振幅的振荡或点源绕射时, 根据绕射波理论和“次生震源”的“鸣震”效应以及工区的地质特点(如灰岩地区), 可初步解释为岩溶或岩溶塌陷.

4 工程应用实例

图 3~图 6 分别为郑州交通大厦、天津国贸大厦、山东临沂市西区和神府煤田大柳塔矿区的部分地震反射时间剖面.

图 3 为郑州交通大厦的地震反射时间剖面. 从图中可以清楚地看出, 剖面上形成的最浅一组反射波为 T_1 , 根据场地钻孔资料, 它可能为来自黄色粉细砂层顶面的界面反射波, 其界面埋深约为 9 m. 因受外界干扰和因编辑切除造成的叠加次数降低, 使得 T_1 反射波横向连续性变差, 能量较弱. T_2 波为来自粉土层与淤泥质粘土层交界面的反射波, 对应 T_2 波的界面埋深约为 18 m. T_3 波为来自砂砾岩层顶底界面的复合反射波, 可以看出, 它是在本测区获得的信噪比最高、连续性最好的一组反射波, 对应 T_3 波的地层顶面埋深约为 52 m. 个别地段的相位变化反映了冲洪积层在沉积过程中的不均匀性. 另外, 在剖面上还出现有 3 组反射能量强、横向连续稳定、呈近水平展布的界面反射波, 即 $T_4 \sim T_6$, 因钻孔资料未能揭示 3 组波所处深度的地层岩性, 根据区域地质资料推测, 认为 T_6 为来自第四系底界面的反射波.

图 4 为天津国贸大厦的地震反射时间剖面. 该剖面具有较高的信噪比和分辨率, 从中可以看出存在多组横向连续性较好、呈水平展布的界面反射波. 从该剖面上可清晰看到有明显的错断, 其断距自上而下逐渐增大, 在双程到时约 410 ms 处, 断距约为 15 m; 在 280 ms 处, 断距约为 5 m, 再往上逐渐消失, 难以分辨. 结合场地钻孔和区域地震地质资料进行综合分析, 认为该断层至少错断了 Q_2 地层.

图 5 为临沂西区的地震反射时间剖面. 从该剖面可以看出, 在双程到时时为 15~20 ms 处有一组能量强、产状近水平、信噪比和分辨率较高的界面反射波, 其界面埋深约为 9 m. 根据钻孔资料, 可将其解释为基岩顶面的反射波. 另外, 由该剖面还可以看到一些低频、低速、强振幅的

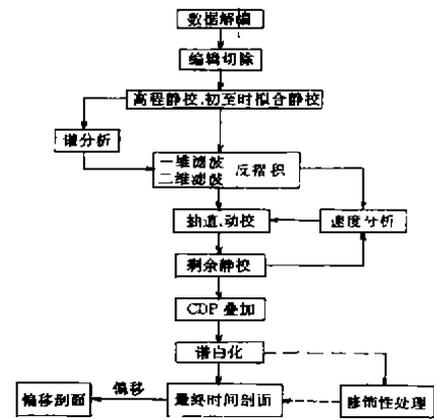


图 2 数据处理流程

Fig. 2 Flow chart of data processing.

振荡波形和呈双曲线形态的绕射波. 根据绕射波理论和“次生震源”的“鸣震”效应, 认为地震波场的这一异常特征反映了基岩溶洞和破碎, 它是判定岩溶和岩溶塌陷区的重要标志.

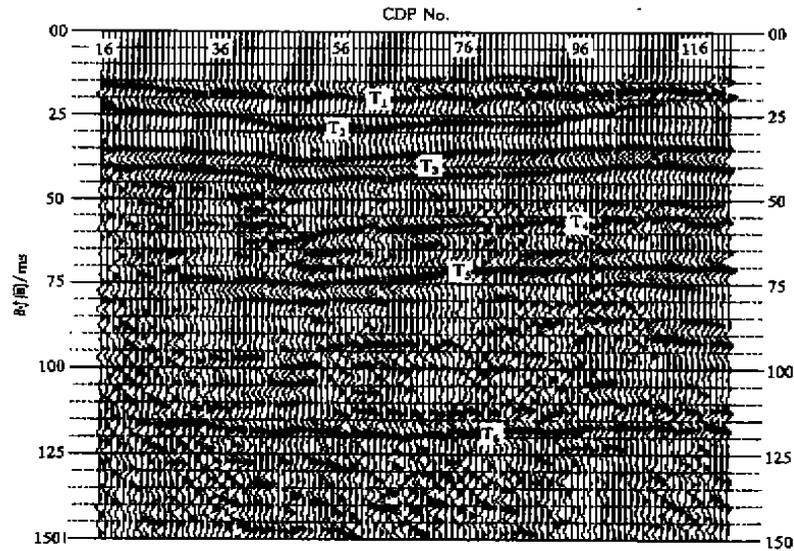


图 3 ZJ-1 线地震反射时间剖面

Fig. 3 The time profile of seismic reflection from line ZJ-1.

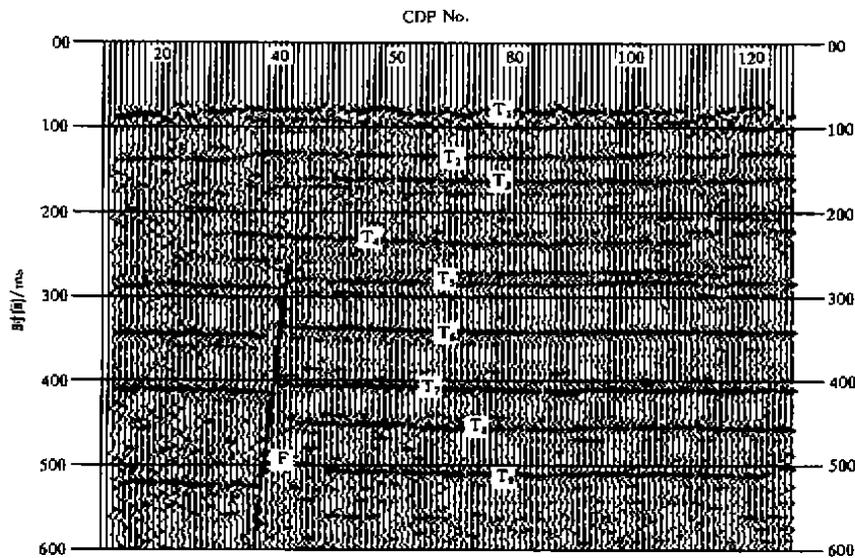


图 4 TJ-2 线地震反射时间剖面

Fig. 4 The time profile of seismic reflection from line TJ-2.

图 6 为神府煤田大柳塔矿 II 测线地震反射时间剖面的一部分. 煤层界面反射波具有较高的信噪比和分辨率, 在 CDP80~CDP90 处, 目的层反射同相轴出现明显断错. 该断层走向 NW, 倾向 NE, 其落差为 3~5 m. 综合分析地震反射时间剖面, 2⁻² 煤层反射波能量强, 产状平缓, 在整个工区内可连续追踪. 工区内的断层落差均较小, 其断距一般为 3~10 m; 小断层数量较多, 共查明影响 2⁻² 煤层采掘的断点 5 处, 且在多条剖面上能可靠追踪; 断层在地震反射时间剖面上多表现为反射同相轴的明显错断; 分布在工区内的断层均为正断层, 相邻剖面上断层

特征一致,工程勘察结果为该矿区的高效安全机械化采掘设计提供了可靠的决策依据,并收到了明显的社会和经济效益.

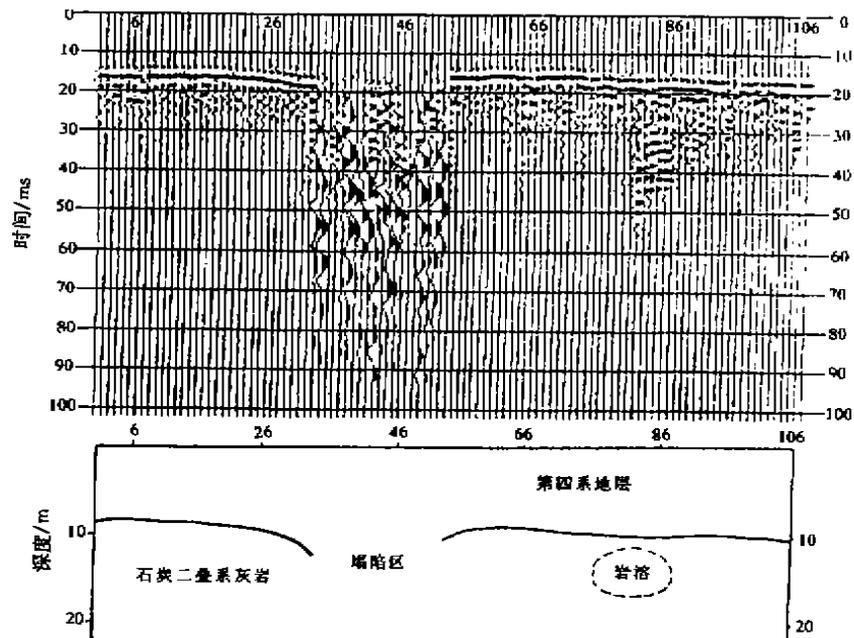


图5 LY-4线地震反射时间剖面

Fig. 5 The time profile of seismic reflection from line LY-4.

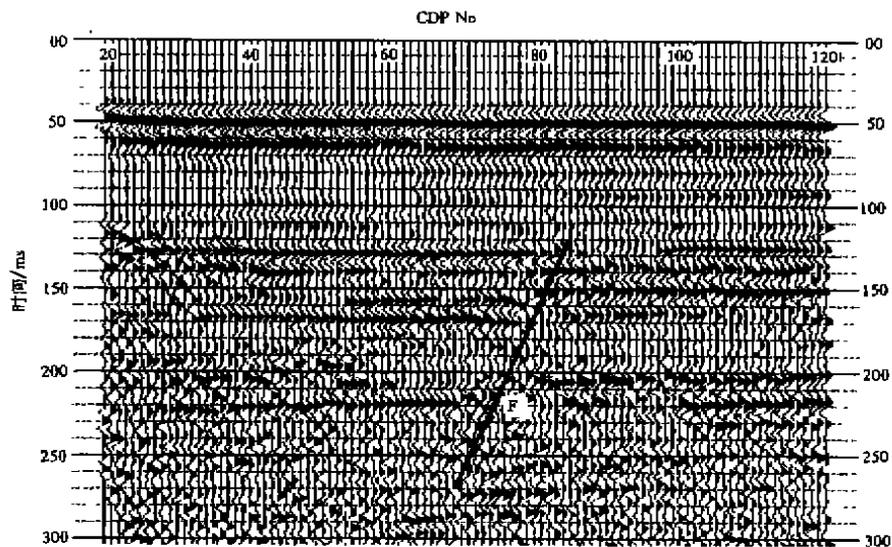


图6 SD-2线地震反射时间剖面

Fig. 6 The time profile of seismic reflection from line SD-2.

5 结语

通过对以上 4 个工程勘察实例的分析,以及几年来在许多工程中的应用实践,初步得到以下几点认识:

(1) 采用浅层地震反射勘探进行工程地质勘察,可解决一些钻探不易解决的工程地质问题,如局部岩性变化,较小的地层错动和一些不利于工程建设的地下隐患等。

(2) 采用浅层地震反射勘探探测研究活断层,通过细致地工作和对各种资料的综合分析,可以为活断层的研究以及工程的设计和建设提供可靠的基础资料。

(3) 在进行裂隙、岩溶等高精度勘察时,数据采集时不宜采用过多的叠加次数(包括垂直叠加和水平叠加),资料处理时也不宜采用较强的修饰性处理。

参考文献

- [1] 王庆海,徐明才.抗干扰高分辨率浅层地震勘探[M].北京:地质出版社,1991.
- [2] [美]渥伊尔马滋.地震数据处理[M].北京:石油工业出版社,1994.
- [3] 周绪文.反射波地震勘探方法[M].北京:石油工业出版社,1989.
- [4] 王振东.浅层地震勘探应用技术[M].北京:地质出版社,1989.
- [5] 唐大荣.地面岩溶塌陷的高分辨率地震探查[J].物探与化探,1994,18(1):35-38.

HIGH RESOLVING SEISMIC REFLECTION PROSPECTING FOR ENGINEERING SURVEYING IN DIFFERENT AREAS

LIU Bao-jin¹, ZHANG Tian-hang², Leng Xin-rong¹

(1. *Geophysical Prospecting Center, CSB, Zhengzhou Henan 450003;*

2. *University of Engineering and Technology of Zhengzhou, Zhengzhou Henan 450003*)

Abstract

Method and data characteristics of high resolving shallow seismic prospecting for engineering surveying in different areas are introduced with examples. The results show that this method is very useful for layer division, determination of cavern and faults. It can afford reliable geological data for engineering design and construction.

Key words: Seismic prospecting; Engineering geology; Active fault; High resolving seismic reflection prospecting