

反褶积技术在第四系地震勘探中的应用

朱宝山¹ 惠智雄² 巨朝晖³ 李忠生¹

(1. 长安大学地质工程与测绘学院 西安市 710054 2. 中国石油东方地球物理公司 河北·涿州 072751

3. 中国煤炭科工集团西安研究院 西安市 710054)

摘要 在表层为第四系介质的地震勘探中,资料处理时应用反褶积进行了对比分析。结果表明,反褶积可有效压缩地震子波,提高有效波频率,很好地压制了层间多次反射波,达到了提高勘探分辨率的目的,较适合第四系水平地层内目标的探测。

关键词 反褶积 地震勘探 资料处理

Application of Deconvolution Technique in Quarternary Seismic Exploration

Zhu Baoshan¹ Hui Zhixiong² Ju Zhaohui³ Li Zhongsheng¹

(1. School of Geology Engineering and Geomatics, Chang'an University

2. BGP INC., China National Petroleum Corporation

3. Xi'an Research Institute, China Coal Technology & Engineering Group)

Abstract In the seismic exploration of Quarternary medium, the comparative analysis are carried out for data processing by deconvolution technique. The results show that the deconvolution technique can effectively compress seismic wavelet, improve the effective wave frequency, weaken the interbed multiple reflection wave, so as to improve exploration resolution. It is suitable for the target detection in Quarternary horizontal strata.

Keywords deconvolution; seismic exploration; data processing

1 前言

反褶积又称反滤波,是广泛应用于数字信号处理领域的一种数学变换方法。在地震勘探资料处理中,它能有效压缩地震子波,拓宽频谱,同时压制层间多次反射波,达到提高勘探纵向分辨率的目的^[1-2]。目前,大多数建设工程都坐落在第四系内,大孔隙、结构疏松的第四系介质对地震波高频信号有强烈的吸收作用,降低了地震勘探分辨率,进而限制了浅层及超浅层地震勘探在建设工程中的应用。本文拟通过实例对表层为第四系介质时,地震勘探中的反褶积效果进行探讨。

2 应用效果分析

2.1 实例一

工作场地位于甘肃天水市礼县境内。地层由上

而下为粉质粘土(厚度1~2m)、砂卵石(厚度4~6m)、强风化泥岩(厚度6~8m)、中风化泥岩(厚度未揭穿)等。地下水位埋深3~4m。工作主要目的是查明断裂构造等地质情况。

根据现场地质资料,各介质之间的物性存在一定差异,可以利用地震反射波进行勘探。经现场试验,确定了地震接收道间距为2m,偏移距20m,12次覆盖。检波器主频为28Hz,每道3个一组串联,震源为32磅铁锤敲击。

现场采集的原始记录(图1(a))显示,反射波震相虽明显可辨,但由于地表第四系介质对高频成分的吸收强烈,导致反射波组频率低,层位之间分辨率差。在反射资料处理过程中,经频谱分析后进行了一维滤波,滤波参数为70/80~140/150Hz。图1(b)为一维滤波后的单炮记录。对比图1(a)、(b)两图可以看出,一维滤波明显去除了低频成分,使反射震相清晰可辨,但地层界面附近的层间反射并未得到压制。图1(c)为对原始记录进行反褶积后再做一维滤波(70/80~140/150Hz)的单炮记录。虽

作者简介:朱宝山(1987-),男,硕士研究生,地球物理勘探专业。
收稿日期:2012-07-09

然滤波参数与图1(b)一样,但经反褶积处理后频率又得到进一步提升,地层分界面附近的反射震相组明显突出,纵向分辨率明显提高,并且层间多次波得到很好压制。

为了进一步对比反褶积在反射波资料处理中的效果,图2给出了上述地震测线的水平叠加时间剖面图,其中图2(a)是未进行反褶积的叠加剖面;而图2(b)与图2(a)唯一的不同是在资料前期处理过程中加入了反褶积处理。可以看出,加了反褶积

后的剖面其反射同相轴更加突出醒目,其纵向的分辨率更好,层间多次波也得到有效压制。双程反射时间分别为30ms、60ms、110ms和160ms的四组反射地层清晰醒目。

除了地层纵向分辨率得到提高外,图2(b)中的地质构造在地震剖面上的影像也得到加强,可以看出,在CDP号140~150处可明显看到断层异常,该断层的位置及倾向与地质钻探结果及直流电勘探得到的结果相吻合。

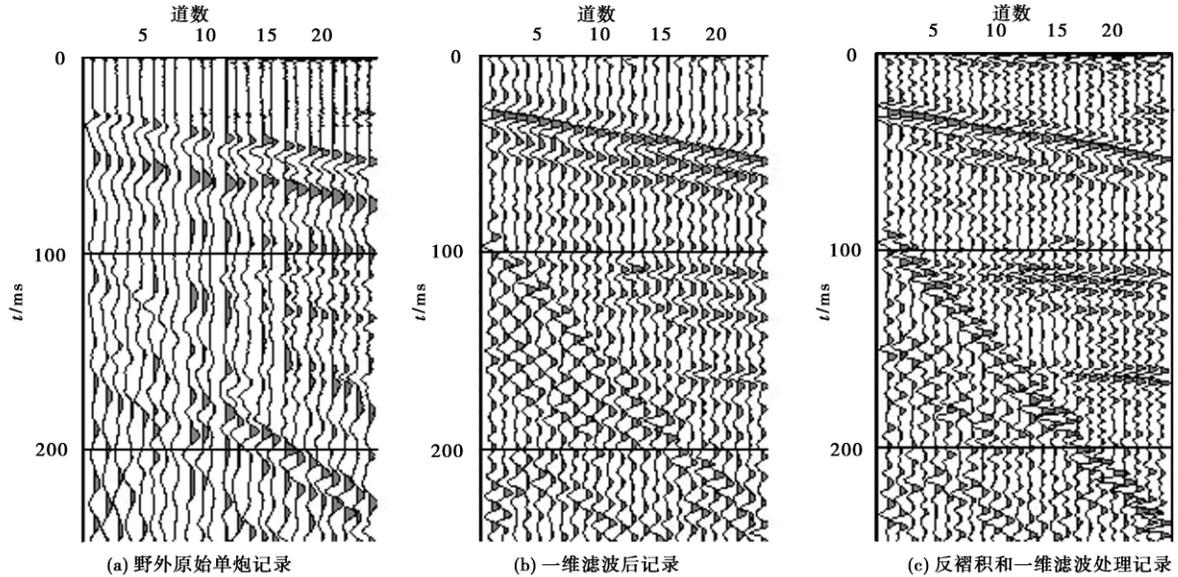


图1 实例一单炮记录

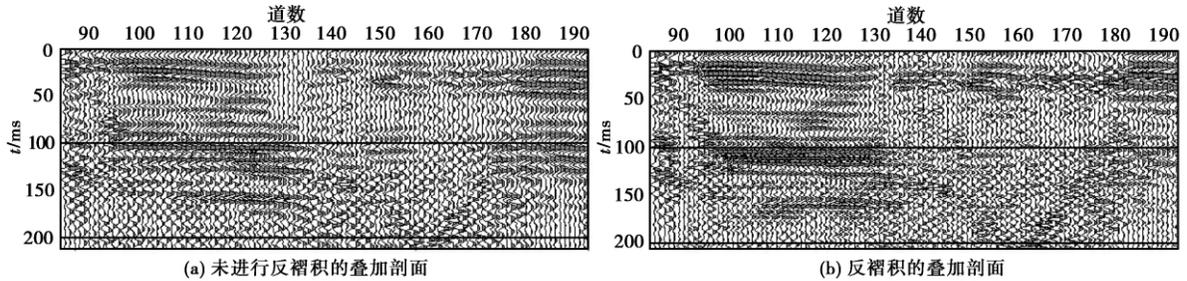


图2 实例一水平叠加时间剖面

2.2 实例二

该工作场地位于西安市高新区。工作目的是查明西安地裂缝的位置。地层自上而下依次为,厚度不一的黄土、古土壤、粉质粘土与冲洪积砂砾互层等。相邻地层间波阻抗差别不大。第四系厚度近千米,地下水位深度13~17m。虽然地层间波阻抗差异不大,但水平向地层连续性较好,地震勘探可获得较好的复合地层反射波,同时,粉质粘土与砂砾组成的互层很容易形成层间多次波,总的来说地震反射波勘探较适于查找西安地裂缝并确定其性质^[3-4]。本次工作震源为300~450g硝铵炸药。经现场试

验,确定了地震接收道间距为3m,偏移距60~80m,24次覆盖,检波器主频为28Hz,每道3个一组串联。

现场采集的原始单炮记录(图3(a))显示,200~600ms间有多组反射波震相,但由于第四系介质对高频成分的强烈吸收,导致反射波组频率低、层位之间分辨率差。与实例一类似,在反射资料处理过程中,经频谱分析后进行了一维滤波,滤波参数为60/65~120/130Hz。图3(b)为一维滤波后的单炮记录,对比图3(a)、(b)两图可以看出,一维滤波可明显去除低频成分,使反射震相清晰可辨,但层间多次波并未得到压制。图3(c)为对原始记录进行反

褶积后再做一维滤波的单炮记录,虽然滤波参数与图 3(b) 一样,但经反褶积处理后频率得到进一步提

升,反射震相明显突出,特别是层间多次波得到很好压制。

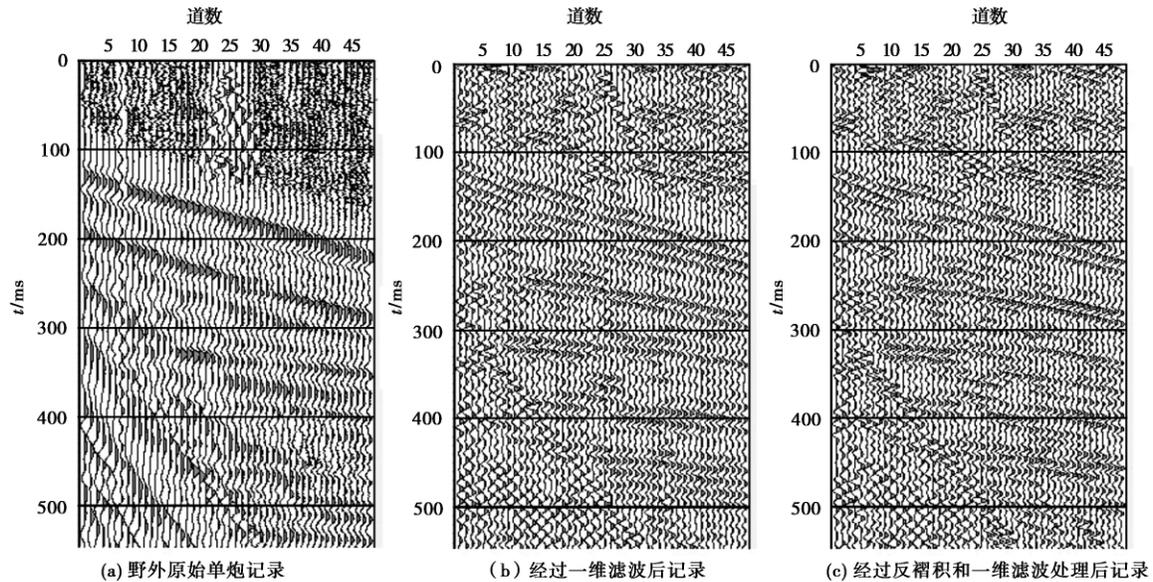


图 3 实例二单炮记录

图 4 给出了上述地震测线的水平叠加时间剖面图,其中图 4(a) 是未进行反褶积的叠加剖面,而图 4(b) 则是加入反褶积的叠加剖面。从图可以看到,加了反褶积后的剖面其反射层位在剖面中更加突出,局部地层细节更加清晰,地裂缝在剖面中的异常

更易于辨认。经后续工作验证,地震勘探确定的地裂缝位置与地质钻探确定的地裂缝位置十分吻合。该地裂缝造成距地表 14m 深的古土壤层错断 1.6m^[5],地质钻探剖面如图 5 所示。

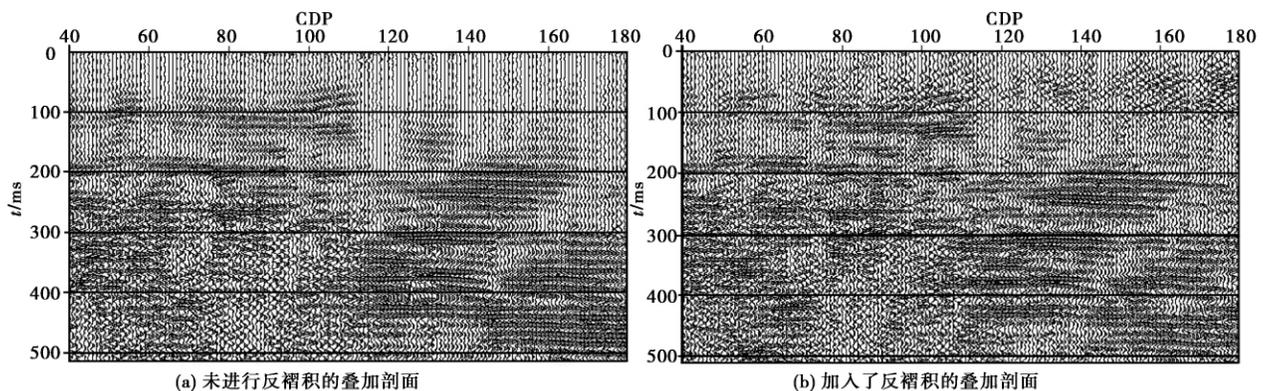


图 4 实例二水平叠加时间剖面

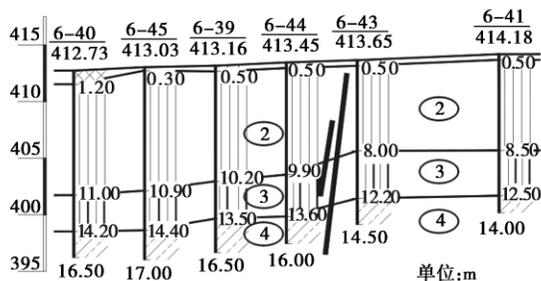


图 5 地质钻探剖面

上面两个实例中,地层均为连续性较好的水平

地层,各层位间的波阻抗差异不是太大,容易形成层间多次波,勘探目标位于未固结的松散地层内,地层介质对高频地震波吸收强烈,在这种情况下,反褶积可有效压缩地震子波,提高有效波频率,同时还可对层间多次反射波进行很好压制,最终达到提高勘探分辨率的目标。但反褶积处理时会降低资料的信噪比,因此野外采集的原始资料必须具有较高的信噪比,否则反褶积处理无法取得良好效果^[6]。

(下转第 60 页)

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。

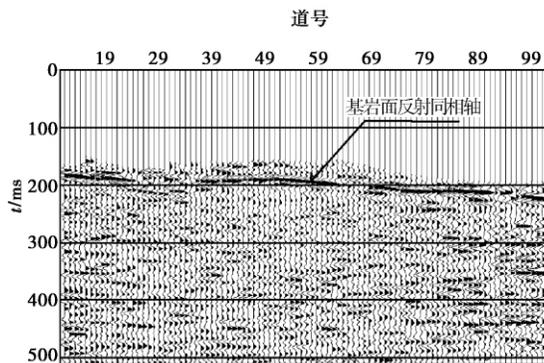


图4 两层水平介质地震反射波处理成果

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。

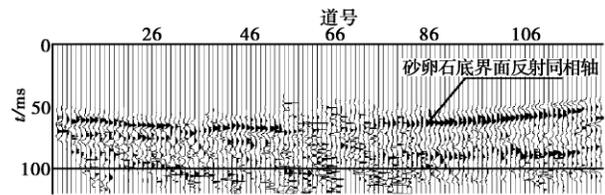


图5 三层水平介质地震反射波处理成果

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, 1988, 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