

地裂缝三维地震勘查资料数字处理技术探讨

徐小连

(湖北煤炭地质局,湖北 武汉 430000)

摘要:苏锡常地区地裂缝地质灾害发生地区,大都具备地震勘探条件,一是地裂缝在水平方向上的延伸具有方向性,二是在垂向上具有可分辨的拓展深度。在遭受地裂缝破坏的地区,其地震时间剖面将会出现反射波同相轴错断、反射波能量转换、反射层产状变化和反射波增减等特征。根据该区资料试处理效果及有关处理参数的测试原则,确定了地裂缝三维地震勘查资料处理流程:在预处理阶段,着重做好道编辑、静校正和反褶积;在部分时间偏移(DMO)叠加阶段,重点做好速度分析,剩余静校正;在叠加之后偏移之前做好随机去噪及偏移方法的测试;在偏移之后作好反Q滤波,信号增强等处理。另外还可进行波阻抗、振幅层拉平等特殊处理及三瞬处理。通过上述各项资料处理工作,为探测研究地裂缝分布规律提供了可靠的解释依据。

关键词:地裂缝;三维地震勘查;数字处理;苏锡常地区

中图分类号: P631.4

文献标识码: A

Probe into Geofracture 3D Seismic Prospecting Data Digital Processing Technology

Xu Xiaolian

(Hubei Bureau of Coal Geological Exploration, Wuhan, Hubei 430000)

Abstract: The Suzhou-Wuxi-Changzhou area is a disseminative area of geofracture calamities, because most of the geofractures have extending directivity horizontally and observable prolongation depth vertically, thus provided with seismic prospecting conditions. In the geofracture disrupted area, on seismic time sections will present features of reflection phase axis dislocation, reflection energy conversion, reflecting horizon occurrence variation and reflection wave regulation etc. Based on effect of data testing processing and related processing parameter testing principles have established data processing procedure in geofracture 3D seismic prospecting. In preprocessing stage should attach importance to trace editing, statics and deconvolution; in partial time migration (DMO) stacking stage to velocity analysis and residual statics; after stacking and before migration to random noise reduction and migration method testing; after migration to inverse Q filtering and signal enhancement etc. In addition may carry out special processing of wave impedance, amplitude flattening and "three instantaneous" processing. Through above data processing can provide geofractures detection and their distribution pattern with reliable interpretation basis.

Keywords: geofracture; 3D seismic prospecting; digital processing; Suzhou-Wuxi- Changzhou area

1 苏锡常地区地裂缝特征

自20世纪80年代始,苏锡常(苏州、无锡、常州)地区对水资源的依赖程度增大,引发地下水超量开采,导致地面发生不均匀沉降,并在地表以地裂缝的形式表现出来。它不但破坏了地上建筑物及地下管线等掩蔽工程,还严重影响了地方经济的可持续发展。在对苏锡常地区地裂缝的调查中发现,该区的地裂缝在空间与时间上均呈现一定规律。

1.1 空间分布特征

①平面特征。苏锡常地区地裂缝的平面形态则

呈线条状,或直或曲,或呈雁行式排列。大多在主裂缝两侧伴生一定宽度的裂缝带,一般宽度小于100m,地裂缝延伸可达1km以上。

②剖面特征。苏锡常地区地裂缝的剖面形态,大多呈裂缝两侧上下错移,在地表形成陡坎状或阶步状地裂缝;亦有的呈“V”字形开裂状,地表裂缝宽度一般在2~80mm,裂缝可见深度一般均在20~40cm。以无锡市石塘湾因果岸地裂缝为例,其开挖剖面中裂缝的深度达3m,面波勘探成果揭示,裂缝两侧相同第四系地层遭切割影响的深度可达36m之深;根据三维地震勘探成果的分析,地裂缝的影响深度可达基岩面,影响深度达到60~80m。

③方向特征。苏锡常地区地裂缝地质灾害分布发育的方向性比较明显,大多呈NE向或NNW向分

作者简介:徐小连(1964—),男,江苏溧阳人,工程师,现任湖北煤炭地质局局长。

收稿日期:2010-09-02

责任编辑:孙常长

布;亦发育一些呈环状分布发育的地裂缝灾害。

1.2 时间发育特征

经对苏锡常地区地裂缝发育的时间进行统计,其与区内地面沉降灾害发育的高峰期具有明显的相关性。本区地裂缝始发于 1989 年,在以后的近 20 年中,几乎每年均有地裂缝灾害的发生,鼎盛期在 20 世纪 90 年代,1991—1994 年,裂缝数量逐年增加,宽度也由几 mm 增殖 1~2.5cm,并且地面差异沉降日益突出,尤其是 1995 年,本区即有 6 处地方发生地裂缝灾害。

2 地震勘探方法

2.1 地裂缝的地震响应特征

根据江南地裂缝的调查结果,本区的地裂缝地质灾害的形成多发生在粘弹性地层、古潜山坡度角陡缓变化及承压含水层厚度不均匀等地区,其超量开采地下水诱发地裂缝地质灾害。理论上,地裂缝地质灾害发生地区,皆具备地震勘探条件,一是地裂缝在水平方向上的延伸具有方向性,二是在垂向上具有可分辨的延展深度。在无任何地质力破坏条件下,依据三维地震获得的数据体所切出的地震时间剖面,其地层情况将反映出完整的波形连续、层次分明且构造形态清晰的特征(图 1)。当受到地裂缝地质力影响破坏后,原有地层结构、地球物理场将发生变化,导致地裂缝在地震时间剖面上表现出反射波同相轴错断、反射波能量转换、反射层产状变化和反射波增减等特征(图 2)。

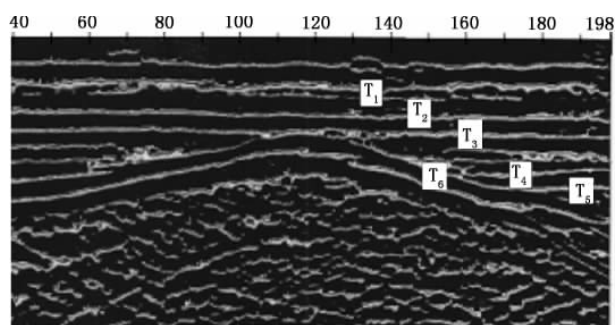


图 1 新生界波形完整的地震时间剖面

Figure 1 Cenozoic seismic time section with integrated waveforms

2.2 三维地震数据采集原则

高密度三维地震勘探具有高信噪比、高分辨率、高保真度的特点,可准确的实现三维空间成像归位,并真实清晰地反映地质背景。为准确获得完整、连续的空间三维地质信息,在地震测线布设时应遵循以下原则。

①根据地裂缝在地面的发育方向布设线束,力求测线垂直于地裂缝延伸方向。

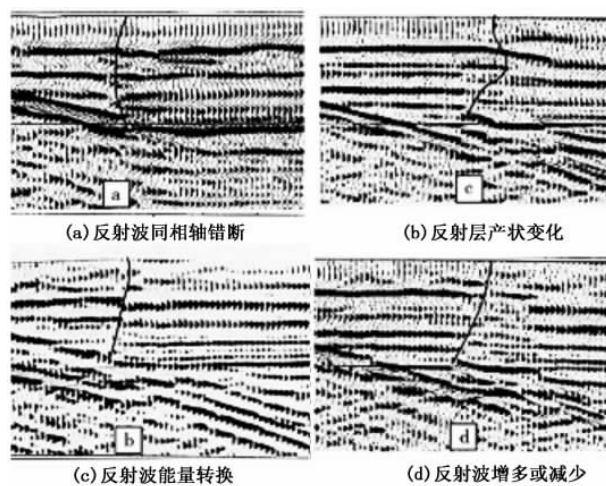


图 2 地裂缝在地震时间剖面上的显示

Figure 2 Geofractures present on seismic time section

②地裂缝的宽度及深度相对较小,需较高的激发频率,数据采集中宜采用小药量速爆炸药激发。

③为提高信噪比与分辨率,应采用小道距接收、小 CDP 面元及高覆盖次数。

图 3 为本区典型单炮记录,由图可见,本区反射波主频达 95Hz。

3 资料处理

3.1 资料数字处理的目标

本区三维地震勘查资料数字处理,以高信噪比、高分辨率、高保真度为主要目标,充分利用地震波运动学和动力学特征,可靠地划分各含水层、构造及地裂缝的发育情况,为准确分析古潜山、承压水、构造等地质背景与地裂缝形成的机理,为解释地裂缝与地质背景间的相依关系提供准确的三维地震勘查资料。

3.2 资料处理流程

通过对试处理及有关处理参数的测试结果的分析研究,以“三高”为目标确定了资料处理流程。在预处理阶段,着重做好道编辑、静校正和反褶积;在部分时间偏移(DMO)叠加阶段,重点做好速度分析,剩余静校正;在叠加之后偏移之前认真做好随机去噪及偏移方法的测试;在偏移之后全力作好反 Q 滤波,信号增强、波阻抗、振幅层拉平等特殊处理及三瞬处理。

3.3 主要处理模块

①预处理。建立空间属性,保证处理结果的正确性;剔除不工作道或工作不好道,作好道编辑;精心进行频谱分析,本区反射波主频高达 95Hz(图 3),因此可采用宽带通滤波,以地压制面波干扰(图 4);进行精细静校正,增强反射波连续性(图 5);作好多

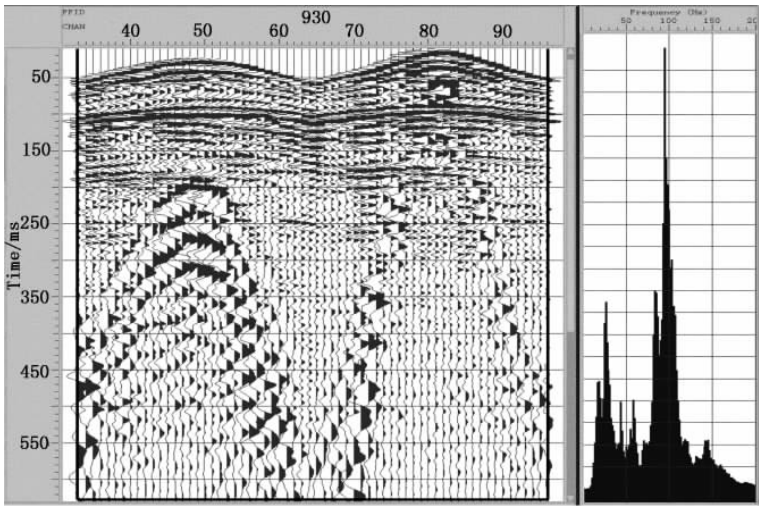


图 3 原始单炮频谱分析图
Figure 3 Original single-shot frequency analytical graphs

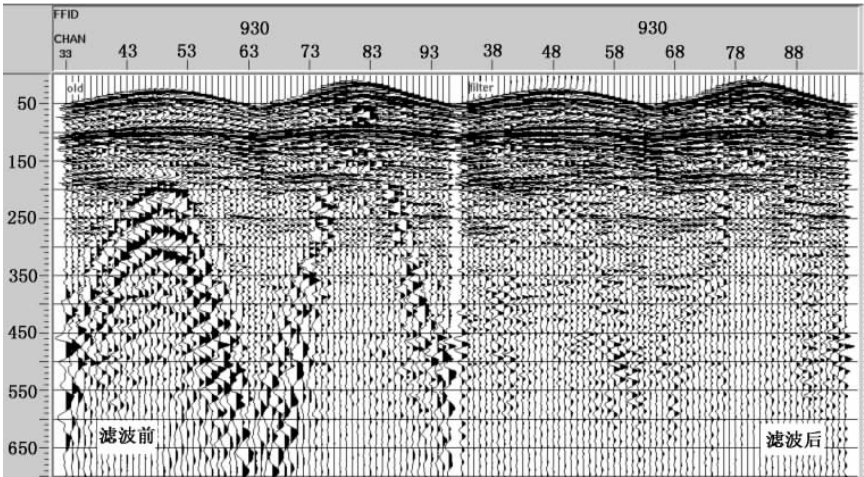


图 4 压制面波的单炮记录
Figure 4 Ground roll suppressed single-shot records

道统计(d20、L100)反褶积,努力提高目的层反射波分辨率。

②部分时间偏移处理(DMO)。采用 100×100 的网格三次进行速度分析,求准速度;全力作好剩余静

校正,努力提高记录信噪比(图 6),实现 DMO 叠加。

③偏移前处理。进行随机噪音衰减,进一步提高记录信噪比(图 7);在时间偏移方法测试的基础上,选择可以适应纵、横向速度变化的三维 FD 法时间

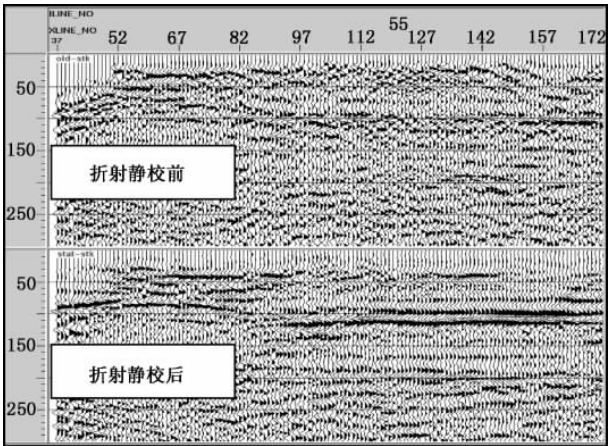


图 5 折射静校正前后对比记录
Figure 5 Contrast records before and after refraction statics

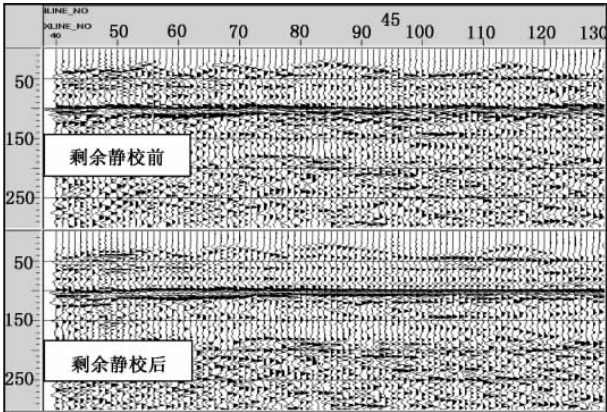


图 6 剩余静校正前后叠加剖面对比
Figure 6 Contrast of stacked sections before and after residual statics

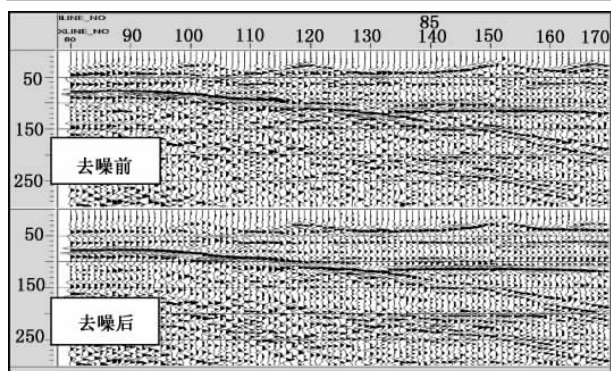


图7 随机噪音衰减提高记录信噪比

Figure 7 Random noise attenuation improving signal-noise ratios of records

偏移,取得了较好效果。

④ 偏移后处理。用反 Q 滤波模块拓宽处理频带,提高分辨率。并根据剖面能量变化情况,用信号增强模块提高弱反射波同相轴的连续性。

⑤ 特殊处理。在三维资料处理中,为了更形象地显示地裂缝及各目的层形态,对资料进行了波阻抗、振幅层拉平等特殊处理及三瞬处理。这些处理更进一步丰富了三维地震勘查地裂缝的研究资料及成果内容。

通过做好上述处理阶段的各项工作,较好地达到了预期目的,获得了高信噪比、高分辨率、高保真度的处理资料(图 8)。

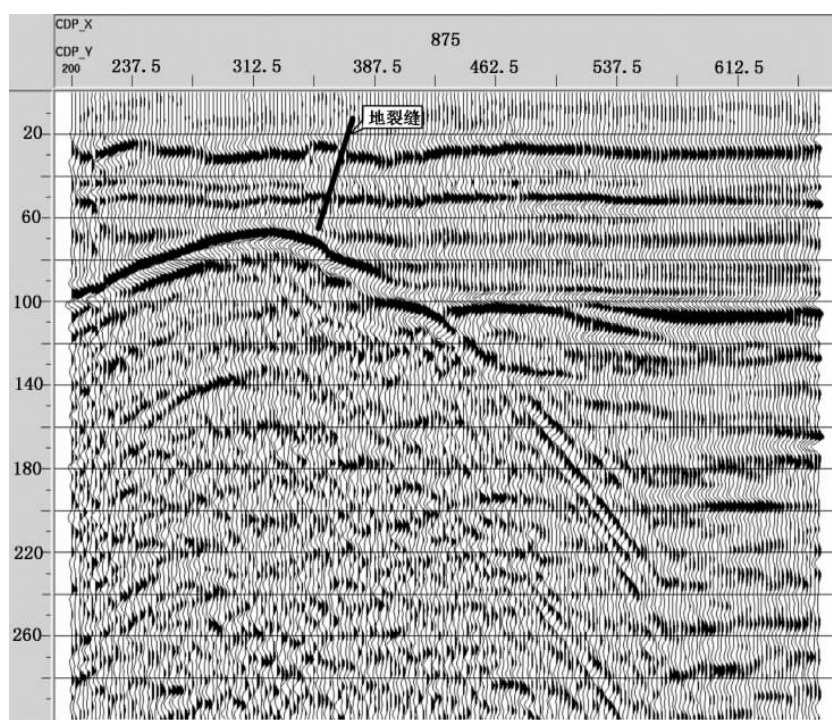


图8 高信噪比、高分辨率、高保真度的处理资料

Figure 8 High signal-noise ratio, high resolution and high fidelity processed data

4 结论

本区三维地震勘查资料处理以达到“高信噪比、高分辨率、高保真度”为原则,经常规处理、改善处理及特殊处理,使资料在动力学及运动学特征方面取得了满意效果,最终获得了 $2.5\text{m} \times 10\text{m} \times 0.5\text{ms}$ 的高精度数据体。在时间剖面上,目的层反射波层次齐全,信噪比高,分辨率强,能量适中,同相轴连续性好。有效波主频为 95Hz 。面波干扰全部消除。古潜山显示清晰,地裂缝表现特征清晰,各承压含水层顶

底板反射波与基岩反射波间的波组关系明确,真实地反映了地下的地质构造形态。表明本次资料处理参数选择正确,资料处理流程合理,质量优良,为探测研究地裂缝成因提供了可靠的三维地震勘查资料。

参考文献:

- [1] 何黄生,徐小连,陈光明.根据因果岸三维地震资料研究地裂缝形成机理[J].中国煤田地质,2005,17(2).