

构造导向滤波技术在地震资料处理中的应用

余锦 石晓虎 刘宏扬 刘大鹏 (中石化海洋石油工程有限公司上海物探分公司, 上海 200120)

摘要: 随机噪音是地震数据中一种十分常见的干扰信息, 随机噪音的存在会严重影响地震数据的品质, 一方面会降低地震数据的分辨率以及信噪比, 另一方面会使地震数据中产生各种假象, 从而为后续的地震资料解释以及储层预测提供了不可靠的地震资料, 极大地增加了勘探开发的风险, 在一定程度上也增加了勘探开发的成本, 因此, 压制随机噪音对于油田勘探开发具有非常重要的现实意义。本文主要对构造导向滤波技术进行了分析与研究, 首先阐述了构造导向滤波技术压制随机噪音的基本原理, 然后将其应用于海上某工区的地震资料, 应用结果表明, 该方法能够有效去除随机噪音, 值得应用推广。

关键词: 随机噪音; 分辨率; 勘探开发; 信噪比; 构造导向滤波; 生物礁

0 引言

随着勘探程度以及开采成本的日益提高, 提高勘探开发成功率变得日益重要。而勘探开发的成功率的提高必须依赖勘探开发技术水平的提高, 进而减少勘探开发各个环节的多解性, 从而提高各个环节工作的有效性和准确度^[1,2]。

目前, 三维地震技术是各大油田勘探开发中最常用的技术之一, 可以为后续的勘探开发提供三维地震数据。但是, 在地震数据处理过程中, 随机噪音的存在会对地震数据产生非常严重的干扰, 不但影响地震资料的品质, 而且会形成虚假的信息, 严重影响后续地震资料解释以及储层预测的可信度, 从而极大地增加了油田勘探开发的风险^[2,3]。

由于受到接收、仪器、震源等因素的影响, 地震资料中通常都含有一定的随机噪音。由于随机噪音表现为杂乱无章, 没有固定的特点, 因此, 如果采用常规的规则滤波技术对地震数据进行处理, 虽然可以使地震的同相轴变得更加平滑, 并且去除一些随机噪音, 但是会模糊断层、岩性尖灭等边界处的有效信息, 进而对地震数据造成了一定的破坏^[3,4]。

而利用构造导向滤波技术对含噪地震数据进行处理, 不但能够提高地震数据的信噪比, 而且还能够有效保护边缘信息, 更突出了地震同相轴的不连续性, 为后续的地震资料解释以及储层预测提供了较高品质的地震资料^[5,6]。

1 基本原理

构造导向滤波技术是利用傅里叶变换技术, 将不同期次、不同方向上的构造形变分离出来, 进行叠加, 在去除噪音的同时, 可以最大程度低保护断层、岩性尖灭等边界信息。构造导向滤波技术的基本原理如下^[2-6]:

以二维数据为例, 根据傅里叶的相关理论, 空间上满足相应条件的有限函数一般能够由具有相应频率、幅度、相位以及方向的正弦面的和来表示。在空间中各个点可以表示为:

$$g(x, y) = \frac{1}{4\pi^2} \sum_{\omega=0}^{a-1} \sum_{k=0}^{b-1} G(\omega, k) e^{i(\omega x + ky)/ab} \quad (1)$$

其对应傅里叶变换为:

$$G(x, y) = \sum_{x=0}^{a-1} \sum_{y=0}^{b-1} g(x, y) e^{i(\omega x + ky)/ab} \quad (2)$$

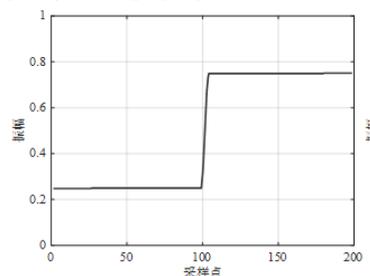
式(2)中, ω, k 为相应的空间频率; x, t 为直角坐标系中两个方向的自变量。

输出平面频率域的二维褶积公式为:

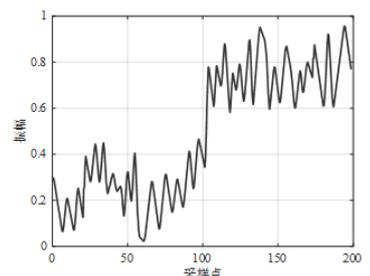
$$P(x, y) = \sum_{\tau=0}^{a-1} \sum_{\mu=0}^{b-1} H(x-\tau, y-\mu) W(\tau, \mu) \quad (3)$$

式(3)中: $P(x, y)$ 为输出结果; $H(x-\tau, y-\mu)$ 为输入数据; $W(\tau, \mu)$ 为滤波算子。

构造导向滤波技术主要是对叠后地震资料进行去噪的一种技术, 该技术主要是特殊的平滑方法, 这种方法仅仅对和地震同相轴方向相一致的地震资料进行平滑, 而对和地震同相轴垂直的地震资料则不做任何处理^[3-7]。如果是碰到估计倾角以及方位角, 则采用相应的滤波技术来加强这些地震同相轴的资料强度^[4-8]。总而言之, 构造导向滤波技术可以对断层、岩性边界、构造异常等数据信息进行有效保护, 构造导向滤波与常规滤波对比如图1所示, 从图中可以看出, 构造导向滤波处理之后的数据明显优于常规滤波技术。



(a) 原始数据



(b) 含噪数据

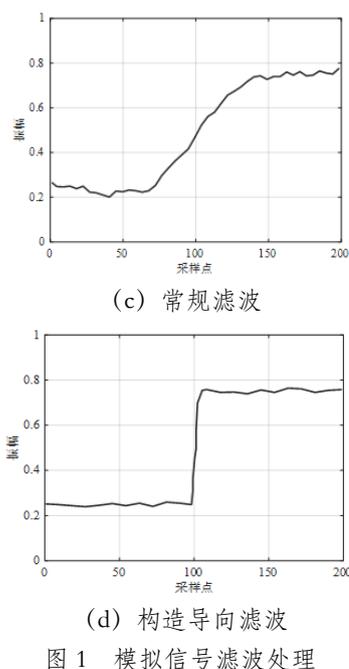


图1 模拟信号滤波处理

2 实际应用

本文选取海上某地区的实际地震资料进行构造导向滤波处理,该地区的目的层发育生物礁,但是由于地震资料的品质较差,信噪比较低,难以识别出生物礁体的边界,因此,本文采用构造导向滤波技术对该地区的地震资料进行处理。图2(a)为原始地震数据的时间切片,从中能够看出,地震数据中噪音较多,为后续的生物礁的识别与预测带来了一定的干扰。图2(b)为滤波之后地震数据的时间切片,对比图2(a)和图2(b)能够看出,构造导向滤波可以有效去除随机噪音,地震数据的品质得到了较大幅度地改善,生物礁的边界变得十分清晰,并且在去噪的同时,生物礁的边界信息得到了较好的保护。

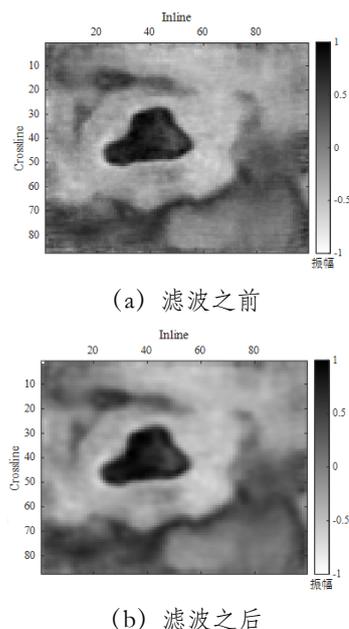


图2 实际地震资料构造导向滤波前后对比

另外,对滤波前后的地震资料进行频谱分析,结果如图3所示。对比图3(a)和图3(b)能够看出,滤波之后高频部分的噪音得到了明显的衰减,而中低频的

有效信号基本没有发生变化,说明构造导向滤波技术能够较好地保护地震数据中的有效信号。

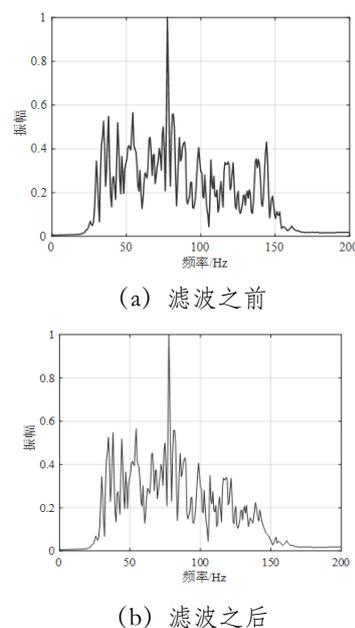


图3 实际地震资料构造导向滤波处理前后频谱分析

3 结论

采用常规的规则滤波技术对含噪地震数据进行处理,极易在去除随机噪音的同时,破坏了地震数据中有效信息。构造导向滤波技术可以有效去除随机噪音,在改善地震数据的品质的同时,有效保护了边界信息。但是,随机噪音的去除是一个比较复杂的系统问题,任何一种方法都很难去除所有的随机噪音,因此,在实际应用过程中,应该结合多种滤波技术的优点,采用组合的方式进行随机噪音的压制,从而获得品质最佳的地震资料。

参考文献:

- [1] 孙转. 地震相干属性在断层识别中的关键技术分析与研究 [J]. 中国化工贸易, 2020,12(13):76,79.
- [2] 郝亮. 基于各向异性扩散滤波的地震资料噪声压制方法分析与研究 [J]. 石油化工应用, 2021,40(03):86-88+93.
- [3] 王鹏. 基于地质构造导向与卷积神经网络的地震数据去噪方法研究 [D]. 成都: 成都理工大学, 2020.
- [4] 陈常乐. 地震波场构造导向滤波关键技术及应用 [D]. 长春: 吉林大学, 2015.
- [5] 赵凤全, 等. 构造导向滤波技术在断裂识别中的应用 [J]. 石油地球物理勘探, 2018,53(S1):214-218+227+15-16.
- [6] 关键. 常用地震噪音去除方法分析 [J]. 中国化工贸易, 2017,9(34):74.
- [7] 赵明章, 等. 利用构造导向滤波技术识别复杂断块圈闭 [J]. 石油地球物理勘探, 2011,46(S1):128-133,163,173.
- [8] 黄立良, 韩少博, 刘兴, 等. 应用构造导向滤波技术识别隐蔽断层 [J]. 工程地球物理学报, 2014,11(4):446-450.

作者简介:

余锦(1988-),男,汉族,湖北孝感人,本科,工程师,主要从事海上地震资料处理及物探仪器操作方面的工作。