

MPFI 技术在复杂山地三维资料处理中的应用

魏华动¹ 周刚¹ 何俊杰^{2*} 袁燎² 高能学²

1 中国石油化工股份有限公司西北油田分公司 2 中国石油东方地球物理公司研究院

DOI:10.12238/gmsm.v7i6.1858

[摘要] 地震资料连片处理时,由于采集年代、观测系统、地形条件等影响,导致采集到的地震数据存在空间采样不均匀的现象,从而引起较为严重的空间假频、偏移噪声问题。为了解决这一问题,提高资料处理精度,在资料处理过程中往往需要对原始地震数据进行空间上的规则化,以此提高采样的均匀性。基于五维匹配追踪的傅里叶抗假频数据规则化方法,不仅能规则空间采样,还能提高资料信噪比,有利于认识低信噪比区速度空间规律,提高深度偏移建模精度。本文研究了该算法在西部复杂山地地震资料中的应用,实际结果表明,该算法可以提高地震数据空间均匀采样、改善地震数据假频、降低偏移噪音以及数据不规则的影响,为最终成像提供高信噪比、均匀面元的叠前数据,为高精度叠前深度偏移成像奠定基础。

[关键词] 五维插值; 匹配追踪; 数据规则化; 复杂山地

中图分类号: O343.2 **文献标识码:** A

Application of five-dimensional matching and tracing Fourier interpolation technique in complex mountain 3D data processing

Huading Wei¹ Gang Zhou¹ Junjie He^{2*} Liao Yuan² Nengxue Gao²

1 Northwest Oilfield Branch of China Petroleum&Chemical Corporation

2 Research Institute of China Petroleum Oriental Geophysical Company

[Abstract] In the continuous processing of seismic data, due to the influence of acquisition age, observation system and terrain conditions, the collected seismic data has the phenomenon of uneven spatial sampling, which leads to serious problems of spatial false frequency and offset noise. In order to obtain more accurate imaging results, it is often necessary to interpolate actual data during processing, so as to obtain relatively regular and complete seismic data on the basis of irregular data, so as to improve the quality of data and reduce the influence of acquisition footprints, spatial false frequency and offset arc caused by irregular data. The Fourier anti-false frequency data regularization method based on five-dimensional matching tracking can not only regulate spatial sampling, but also improve the signal-to-noise ratio of data, which is conducive to understanding the velocity space law in the low signal-to-noise region and improve the modeling accuracy of depth migration. In this paper, the application of the algorithm in the complex mountain seismic data in western China is studied. The practical results show that the algorithm can effectively improve the surface element attributes, suppress the spatial spurious frequency, solve the influence of offset arc and data irregularity, provide a good quality pre-stack data for the final image, and improve the precision of pre-stack depth migration.

[Key words] five-dimensional interpolation; Match tracking; Data regularization; Complex mountain

前言

目前地震勘探已经向地表、地下条件更为复杂的区域发展,勘探目的层也越来越深。地震资料的保真、保幅以及偏移成像精度直接影响着勘探准确度。在野外采集过程中,受限于采集年代差异、观测系统差异、地表障碍物、地形高差变化过大、以及采集成本等因素的制约,地震数据难免会存在炮点和检波点

无法按照理论设计布设的情况,这就会直接导致采集到的原始数据会存在炮检点分布不规则、偏移距分布不均匀的现象。而地震数据在空间上的采样不规则,会导致地震数据在处理过程中出现比较严重的振幅差异,从而增加叠前偏移的画弧现象和构造成像假象,影响勘探开发精度。同时,在地表和地下结构均复杂的“双复杂”地区,地震资料品质差,以及CMP道集信噪比不

高,尤其是浅层成像质量差,严重制约着深度偏移速度建模的精度与效率。

采用五维匹配追踪傅里叶抗假频技术(MPFI)的三维地震数据处理策略,能够全面运用三维地震信息的五个维度,具体为“纵向、横向、时间、偏移距、方位角”。该技术有同时补全缺失炮点数据、均匀插值和提高偏移前道集信噪比的作用。均匀插值的作用是减少叠前偏移画弧现象,提高偏移前道集信噪比则可以为提前深度偏移提供高质量的道集,在后续基于数据驱动的速度优化过程中,提高偏移成像速度精度,最大限度消除叠前深度偏移成像误差,为后续地震资料圈闭研究和井位优选提供更可靠的依据。

1 技术原理

依赖传统的经典傅里叶变换进行数据规则化的手段面临三大难点:频谱泄露、傅里叶参数评估难题以及假频的生成问题。

近期以来,伴随着算法改善的趋势,已有研究者开始推荐通过应用抽样密度函数来估算高维空间傅立叶变换加权指数,这正是MPFI技术关键。本文将就频谱泄露和抗假频问题进行细致讨论。

1.1 谱泄露问题解决方案

不均匀取样所得数据在频率领域容易导致能量外泄,这种现象的成因是由于该取样方式破坏了傅里叶基函数的正交性与规范性,进而引致能量部分散逸至其他波数。而反泄露傅里叶插值技术则旨在通过将能量重新聚焦至峰值点来恢复函数的正交属性。具体做法是:

(1)通过反复进行离散傅立叶逆变换,在每次迭代中循环挑选各频率分量的最大能量值,以此来恢复未发生能量泄露的傅立叶系数。

(2)依照离散规则,通过傅立叶变换的技术将数据插值至所期望的输出点。

(3)逐次优化,在更新正交基向量的操作里渐次实现频谱泄露的最小化。

1.2 抗假频问题解决方案

MPFI方法在原始反泄露傅里叶插值算法的基础上,以低频先验信息计算权重,并以此来约束高频,最后重构出高频的权系数,在此基础上进行反傅里叶变换,以达到抗假频的效果,实现过程如下:

(1)利用低频成分中不容易出现假频的部分来确定的先验数据,作为预测先验估值的依据。

(2)对低频区域的频谱沿着波数轴进行拓宽处理,之后将其作为高频部分的权重因子来使用;

(3)对真实信号施加更高的权重,对假频信号施加更低的权重。采样数据的稀疏程度越高,用于确定预估值的无假频分量的频率区间就越低。

2 MPFI技术步骤

2.1 输入数据准备

为了更好地保证均匀插值和提高信噪比的效果,MPFI技术往往要求输入的数据是做过去噪处理、能量均衡,应用过静校正、

动校正的CMP道集。

2.2 定义目标观测系统

(1)仅提高资料信噪比。该方式不需要改变原始资料观测系统,仅用于提高地震资料信噪比,满足后续偏移成像精度的需求,因此该目标观测系统为原始数据的一个样点值。

(2)数据规则化。该方式的目的是使地震数据空间采样均匀,弥补野外由于跨越障碍物造成的数据空洞,连片数据空面元的问题,因此需重新设计观测系统以满足后续处理需求。

(3)径向域数据规则化。该方式的目的是使地震数据在炮检距和方位角分布均匀,以解决野外实际采集近炮检距、远炮检距覆盖次数低、方位角分布不均匀的问题。

2.3 关键参数

MPFI关键参数为插值孔径和迭代次数。

(1)插值孔径。不同插值孔径的MPFI效果均能够保持地震波的走时特征,有利于深度偏移全/多方位网格层析速度更新迭代。随着插值孔径的增大,资料信噪比提升越高,但当地层倾角较陡时,大的插值孔径会损失陡倾角地层的反射。

(2)迭代次数。随着迭代次数增加,资料信噪比下降。

3 应用效果

以西部某连片三维处理项目为例,统一工区网格后,由于采集方位角、观测系统均不同,资料出现炮检距分布不均、覆盖次数不均、空面元的现象。

针对存在的问题,采用五维匹配傅里叶插值技术对连片数据进行插值规则化处理。从图1、图2可以看出,经过MPFI处理后,最小炮检距、覆盖次数分布均匀。从图3和图4可以看出经过五维插值处理后,偏移前的CMP道集资料信噪比明显提高,利用插值后进行叠前深度偏移的剖面噪声更小,成像效果更佳。

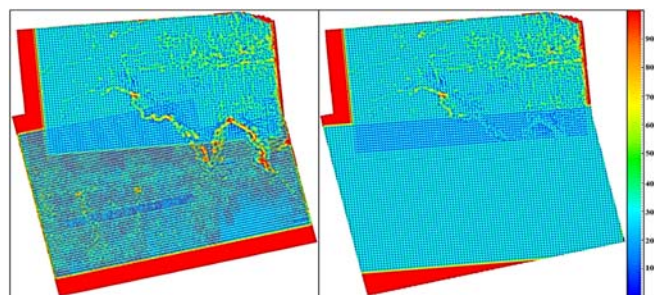


图1 五维插值前(左)后(右)工区最小炮检距分布图

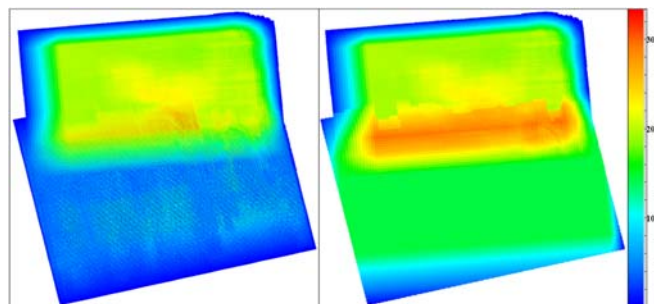


图2 五维插值前(左)后(右)工区覆盖次数图

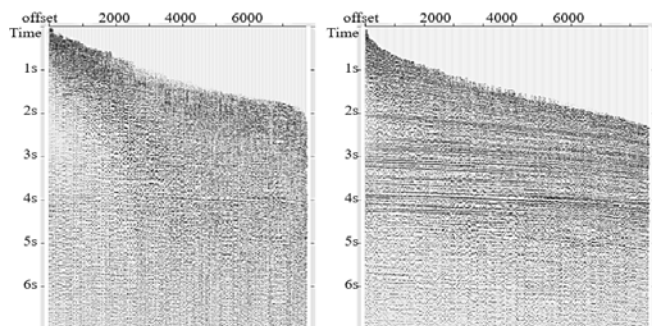


图3 五维插值前(左)后(右)CMP道集

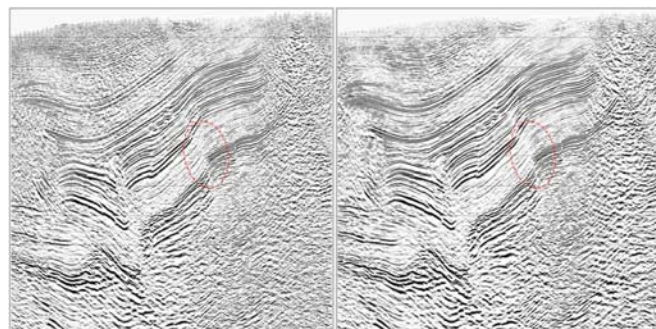


图4 五维插值前(左)后(右)叠前深度偏移剖面

4 结论

(1) 五维匹配追踪傅里叶插值技术可以弥补野外采集资料近炮检距覆盖次数低, 方位角分布不均的缺陷。

(2) 五维匹配追踪傅里叶插值技术可以有效提高叠前道集, 尤其是近炮检距道集的质量, 从而改善叠前深度偏移建模精度。

[参考文献]

- [1] 凌越, 刘伟明, 肖明图, 等. 改进的匹配追踪数据规则化方法[J]. 石油地球物理勘探, 2020, 12(55): 25-32.
- [2] 梁东辉. 基于傅里叶变换的地震数据规则化和插值[D]. 杭州: 浙江大学, 2015.
- [3] 金成玫, 陈生昌. 基于压缩感知和深度学习的地震数据重建[J]. 石油物探, 2022, 61(5): 782-792.
- [4] 王天野. 基于傅里叶变换的反泄漏地震数据重建方法[D]. 大庆: 东北石油大学, 2017.
- [5] 王伟, 陈双廷, 王宝彬. 五维规则化技术研究与应用[J]. 石油地球物理勘探, 2017, (52): 28-33.
- [6] 段文胜, 王鹏, 党青宁. 应用匹配追踪傅里叶插值技术实现OVT域连片处理[J]. 石油地球物理勘探, 2017, 52(4): 669-677.
- [7] 张春枫, 杜启振, 张富源, 等. 基于改进匹配追踪傅里叶插值的地震数据规则化重构[J]. 大庆石油地质与开发, 2022, 10(57): 1-7.
- [8] 王本锋, 韩东, 李家阔. 基于扩张卷积的智能化规则缺失插值重建方法[J]. 地球物理学报, 2022, 65(6): 2226-2243.
- [9] 徐兴荣, 苏勤, 王劲松, 等. 加权MPFI方法及其在三维连片处理中的应用. 岩性油气藏, 2019, 31(1): 122-129.
- [10] 石颖, 张振, 王建民, 等. 地震数据反假频规则化方法研究[J]. 地球物理学进展, 2013, 28(1): 250-256.

作者简介:

魏华动(1985--), 男, 汉族, 中国河南周口人, 本科, 高级职称, 从事油气勘探开发方面的研究工作。