

Application of GeoEast 3D Visualization Technology in Fault Recognition

Hui Hao¹, Ying Liu¹, Hua Tian²

¹The Ninth Oil Production Plant, Daqing Oilfield Co. Ltd., PetroChina, Daqing Heilongjiang

²Geophysical Technology Training Center of BGP, PetroChina, Zhuozhou Hebei

Email: 54009575@qq.com

Received: Jun. 16th, 2019; accepted: Jul. 25th, 2019; published: Dec. 15th, 2019

Abstract

Fault interpretation was one of the most important components in geological research, which was directly related to the optimal selection of exploration and development targets. The fault interpretation accuracy directly affected geological identification and development effect. In recent years, many scholars have put more effort into the research of fault interpretation methods, such as coherence, curvature, ant body and other mathematical algorithms and their improvements have been greatly developed, and the accuracy of fault recognition has been greatly improved. Although the simple mathematical algorithm was based on the geological concept, in the process of operation, it was too dependent on the calculation results, and it would inevitably induce multiple solutions. It still needed to be checked by geologists one by one, and there still existed uncertainty in the identification of low order faults. In this paper, with the help of the three-dimensional visualization technology of GeoEast software, the fault is carved as an abnormal geological body, which makes the fault more intuitively display in front of geologists and helps geologists to judge whether the low order fault really exists.

Keywords

Low Order Fault, Fault Identification, GeoEast, Three-dimensional Visualization

GeoEast三维可视化技术在断层识别中的应用

郝慧¹, 刘英¹, 田华²

¹中石油大庆油田有限责任公司第九采油厂地质大队, 黑龙江 大庆

²中石油东方地球物理勘探有限责任公司物探技术培训中心, 河北 涿州

作者简介: 郝慧(1982-), 男, 博士, 工程师, 现主要从事地震构造及储层方面的研究工作。

Email: 54009575@qq.com

收稿日期: 2019年6月16日; 录用日期: 2019年7月25日; 发布日期: 2019年12月15日

摘要

断层解释是地质研究中最重要的重要组成部分之一, 直接关系到勘探开发目标优选, 断层解释精度直接影响地质认识和开发效果。近年来众多学者在断层解释方法上的研究投入大量精力, 相干、曲率、蚂蚁体等数学算法及其改进得到长足发展, 断层识别精度得到大幅度提升。单纯数学算法基于地质概念出发, 但在运算过程中单纯依赖计算结果, 难免出现多解性, 仍然需要地质专家逐一清查, 对于低序级断层的识别仍然存在不确定性。借助GeoEast软件的三维可视化技术, 将断层作为异常地质体进行空间雕刻, 使其更加直观地展示在地质专家面前, 帮助地质专家解决低序级断层存在与否的问题。

关键词

低序级断层, 断层识别, GeoEast, 三维可视化

Copyright © 2019 by author(s), Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

断层解释是地震资料解释的基础与关键, 准确合理的断层识别关系到构造解释精度、井位部署方向、水平井钻井设计、压裂方案设计, 同时控制着油田的注采关系合理性, 对油气开采起着至关重要的作用。随着油田勘探开发程度的不断深入, 对断层解释精度需求日益提高, 单纯通过传统解释方法难以达到较高的精度。

传统断层解释流程是通过点、线、面、体相结合, 对断层进行综合解释, 即: ① 利用井的钻遇断点信息对断层进行解释[1]; ② 地震剖面断层识别方法适用于任何三维地震资料, 但其识别效果受地震资料的分辨率和视觉分辨率等因素的影响较大, 对于断距较小的断层无法准确地识别[2]; ③ 利用相干[3]、曲率[4] [5]、方差[6] [7] [8]、蚂蚁体等几何属性辅助解释; ④ 利用空间断层组合形态验证解释成果合理性。该流程实际上是三种解释方法和一种验证方法。该套流程存在两个问题: 一是断层解释速度较慢, 断层组合较为困难; 二是小断层识别存在不确定性, 断距小于 5 m 的断层一般表现为平面属性有微弱显示, 但在剖面上无明显断面特征, 在没有井数据支撑的前提下无法确定断层是否落实。

近年来对于低序级断层识别方法, 大量的专家学者侧重于数学算法的研究, 并取得了长足的发展,

断层识别效率和精度有了大大的提升。然而，数学算法始终是一种缺少地质灵魂的单纯的数学方法。本文介绍了一种数学算法和地质方法相结合的断层识别技术，以 GeoEast 处理解释软件的多窗口倾角扫描、构造导向滤波作为配套技术，利用三维可视化模块刻画断层展布特征，大大提高了断层识别精度和解释效率，形成了一套高效断层解释技术。

2. 三维可视化技术原理

三维可视化技术具有丰富的显示功能，可生成大量生动形象的图片。运用好三维可视化综合解释技术能够帮助解释人员在大脑中简历正确的构造模型，且可以通过反复的观察局部区块的连续显示来最终确定构造细节。

在三维可视化软件中，将数据体转化为三维矩阵，矩阵中的每一个点对应一个相应的特征值，如振幅值。可以利用三维地质体雕刻功能，将其中一部分特征值雕刻呈现。该方法一般用于砂体雕刻，将代表砂体的特征值点保留，其余特征值点透明化处理，即可刻画砂体空间展布形态。

3. 实现过程

3.1. 利用构造导向滤波技术提高地震资料信噪比

构造导向的主分量滤波是 GeoEast 软件针对地震数据体的一种特殊去噪手段，是在多窗口倾角扫描基础上，利用主分量分析(PCA, principal component analysis)技术，在多道地震数据中提取有效信号的特征值来重构信号，进而提高信噪比的方法。该方法在压制地震数据噪声的同时，增强了同相轴的连续性，保持了断层等不连续信息，避免了滤波作用而引起的地震边缘信息模糊，使得断层特征更加突出，在处理后的地震数据体中提取相干、曲率等属性体，能够获得更加清晰的断层结构信息(图 1)。但由于其滤波作用影响，该类数据体仅能够用于识别断层、窄小河道等地质信息，不能用于其它沉积特征的属性识别研究。

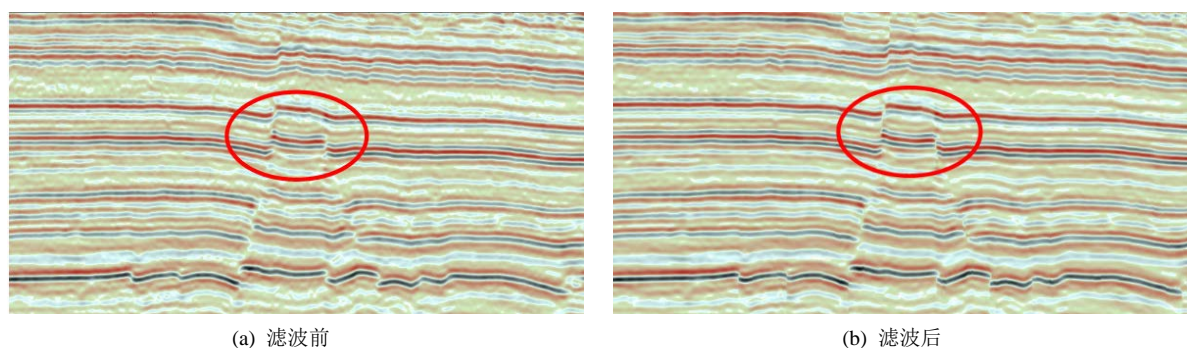


Figure 1. The profile contrast before and after filtering
图 1. 滤波前、后对比剖面

3.2. 优选敏感数学算法提取体属性

在对数据体进行构造导向滤波处理后，断层信息得到有效凸显，由于各目标区域地质特征不同，对不同数学算法敏感性也略有差异，目前主要用于识别断层的属性包括基于本征结构的 C3 相干体技术、具有较高的抗噪性和较好的三维可视化解释功能的曲率属性、一种基于概率方差分析地层不连续性的方差体技术、以及一种断层自动识别的蚂蚁体技术等。以上所提到的几种断层识别方法都是基于不同数学算法实现的，并且有一个共同点就是所有的算法，计算出的结果都是以数据体的形式存在的，这是本文断层识别方法能够实现的关键。

3.3. 将断层作为异常地质体进行空间雕刻

GeoEast 地震解释系统三维可视化模块具有异常地质体空间雕刻功能, 该项功能一般是用于河道、火山、溶洞等异常地质体雕刻的一项功能。而在相干体、曲率体等属性体中, 断层也可以看做是一种异常地质体。在分析属性体中代表断层的数据分布范围后, 即可将断层在空间展布形态展示出来。这样的做法具有 2 个优点: ① 三维空间断层展布与剖面联合显示, 可以快速识别断层, 且断层组合更加便捷; ② 对于剖面上没有同相轴错段, 但在平面属性上有微弱响应的疑似断层可以通过空间形态来判断是否为低序级断层。通常情况下, 刻画断层三维空间形态, 要开 10~20 ms 时窗, 若疑似断层呈面状、具有一定的延伸长度、且稳定发育, 结合目标区域沉积特征, 判断是否会有同等规模的河道发育, 基本可以确定是否为低序级断层。

4. 实际地震资料测试

松辽盆地某区块构造解释中, 构造导向滤波后的数据体同相轴错段更加干脆, 断面更加清晰, 通过对多种断层敏感属性对比分析认为曲率属性识别断层效果较好, 利用 GeoEast 构造解释系统三维可视化模块, 对曲率属性进行分析, 认为属性值介于 80~120 之间为断层响应特征, 进而使用异常地质体空间雕刻功能刻画断层, 获得断层的空间展布形态(图 2)。

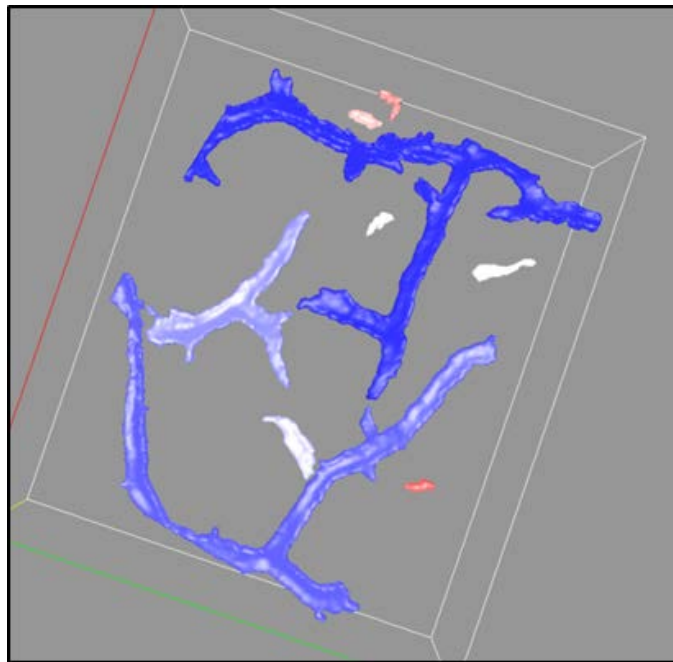


Figure 2. The spatial distribution of the window fault in the upper and lower 5 ms of the target layer in the study area
图 2. 研究区目的层上下 5 ms 时窗断层空间展布形态

通过断层空间形态的展布特征结合地震剖面可以对断层进行高效解释、空间组合, 且对平面属性中疑似断层进行确定性评价。图 3 中地震剖面上标记位置, 同相轴无明显错段, 曲率平面属性上该位置有近东西向展布的条带状微弱响应, 属性值亚于正常断层, 但具有一定的断层特征, 且无法确定其是否为低序级断层。三维可视化地质体中, 该疑似断层具有较好的延伸性、面状特征, 横向延伸约 1 km, 纵向 10 ms 视窗内发育稳定。研究区沉积特征表明, 该区以三角洲前缘席状砂和主体席状砂沉积为主, 没有超过 5 m 厚河道存在的可能性, 因此判断该响应为低序级断层。

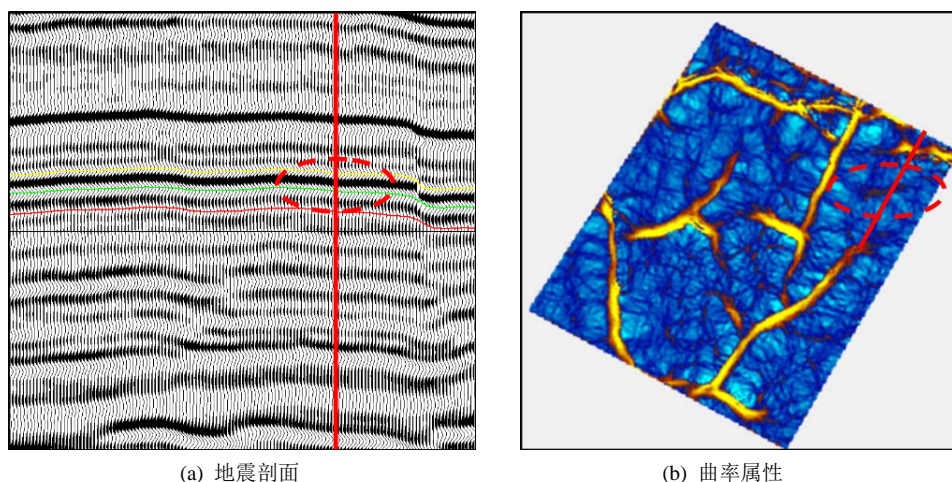


Figure 3. The seismic section and curvature attribute of the suspected fault

图 3. 疑似断层地震剖面及曲率属性

5. 结论

断层识别方法的研究自始至终没有停止过，复杂的数学算法在高性能计算机的帮助下得到了进一步施展拳脚的空间，断层识别精度逐步提升，形成了一套较为完善的井-震结合断层识别技术体系。本文所提到的利用三维可视化功能中三维空间异常地质体雕刻技术，可成为断层识别方法中另外一个突破口，不论是在断层解释速度、还是低序级断层识别方面都有显著效果，使得断层识别技术体系更加完善，更加直观地将地下几百，甚至几千米的断层情况展现在地质专家眼前。

参考文献

- [1] 陈国飞. 喇嘛甸油田井震结合断层识别技术[J]. 特种油气藏, 2015, 22(3): 131-134.
- [2] 陈国飞, 吕双兵. RGB 分频技术在断块油藏断层识别中的应用[J]. 复杂油气藏, 2015, 8(2): 29-32, 68.
- [3] Gersztenkorn, A. and Marfurt, K.J. (1999) Eigenstructure-Based Coherence Computations as an Aid to 3-D Structural and Stratigraphic Mapping. *Geophysics*, **64**, 1468-1479. <https://doi.org/10.1190/1.1444651>
- [4] Robert, A. (2001) Curvature Attributes and Their Application to 3D Interpreted Horizons. *First Break*, **19**, 85-100. <https://doi.org/10.1046/j.0263-5046.2001.00142.x>
- [5] Klein, P., Richard, L. and James, H. (2008) 3D Curvature Attributes: A New Approach for Seismic Interpretation. *First Break*, **26**, 105-112.
- [6] 蔡涵鹏. 方差体的改进算法及在地震解释中的应用[J]. 煤田地质与勘探, 2008, 36(1): 74-76, 80.
- [7] 汪杰, 汪锐. 基于方差相干体的断层识别方法[J]. 工程地球物理学报, 2016, 13(1): 46-51.
- [8] 张爱印. 三维可视化技术在地震资料解释中的研究与应用[J]. 中国煤田地质, 2006, 18(4): 53-55.

[编辑] 邓磊