

最大似然属性在泌阳凹陷张厂地区 断层识别中的应用

裴秀秀

(中国石化河南油田分公司勘探开发研究院, 河南郑州 450048)

摘要: 断裂在油气运聚及成藏中具有重要的作用, 断裂的识别精细程度影响油气藏及圈闭的刻画。泌阳凹陷张厂地区断裂复杂, 断层平面组合难度大, 低级序断层刻画困难, 特别是北西向断裂, 用常规技术难以识别。为了提高断裂刻画精度, 解决断层平面组合的合理性问题, 利用最大似然属性来精细研究张厂地区断裂展布, 包括断层地震响应特征分析、断层成像技术增强和最大似然属性计算, 解决了该区断裂刻画困难的问题, 通过实钻证实了预测结果可靠。

关键词: 泌阳凹陷; 最大似然属性; 断层展布

中图分类号: P631

文献标识码: A

Application of seismic maximum likelihood attribute on fault identification in Zhangchang area of Biyang sag

PEI Xiuxiu

(Exploration & Development Research Institute of Henan Oilfield Company, SINOPEC, Zhengzhou, Henan 450048, China)

Abstract: As faulting plays an important role in hydrocarbon migration and accumulation, the fine degree of fault identification affects the characterization of reservoirs and traps. In Zhangchang area of Biyang sag, the faults are characterized by complexity and the great difficulties on the plane combination and on the description of low-level sequence faults, especially the NW ones, which are difficult to identify by conventional techniques. In order to improve the accuracy of fault description and solve the rationality of fault plane combination, the seismic maximum likelihood attribute was used to study the fault distribution in Zhangchang area, including the characteristic analysis of fault seismic response, the enhancement of fault imaging technology and the calculation of maximum likelihood attribute, which solved the problem of fault description in this area. The reliability of prediction results is verified through drilling practice.

Key words: Biyang sag; coherent technology; the maximum likelihood attribute; fault interpretation

在断层识别方面, 从最早的互相关 (Correlation) 算法到后来发展的相似性 (Semblance) 算法, 以及不断发展的基于多道或多子体的本征结构 (Eigen Structure) 算法, 这些算法主要是根据断裂对应的地震反射特征是地震同相轴的不连续性, 通过地震反射同相轴的不连续性来刻画断裂的展布。随着对断裂识别精度的要求越来越高, 逐步形成了利用地震波形的弯曲变化为基础的曲率类算法。

张厂地区位于泌阳凹陷北部斜坡带西北部, 勘探程度相对较低, 具有一定的勘探潜力。该区断裂展布复杂, 剖面上断层相互交错, 切割关系不明显; 平面上, 构造被分割成多个断鼻、断块。前人在张厂地区开展了大量研究工作, 明确了北东向大断层的展布, 北西向断层规模小, 断距不明显, 现有的断层刻画技术都难以准确刻画断层位置及平面展布^[1-5]。为此, 本文利用最大似然 (likelihood) 属性识别断层,

收稿日期: 2020-03-21; 修订日期: 2020-04-20。

第一作者简介: 裴秀秀 (1988—), 女, 工程师, 现从事石油勘探综合研究工作。E-mail: peixiuxiu.hnyt@sinopec.com。

来提高断层的识别精度。

1 最大似然属性原理

最大似然属性是 Hale 在研究断层面和断距估算时提出的一种属性, 其预测断裂的原理主要是基于地震同相轴的不连续性, 通过该属性能够有效增强断裂的成像效果。

最大似然属性通过压制噪音, 突显断裂, 对相邻样点间相似性的对比关系起放大作用。这可以理解为该样点处断层的发育概率, 地震同相轴越连续, 表明断裂发育的可能性越小, 即最大似然属性值越小; 反之, 在断层发育位置, 地震同相轴连续性变得越差, 表明断裂发育的可能性越大, 最大似然属性值也越大, 最大似然数值为 $0 \sim 1^{[6]}$ 。

原始地震数据包含了倾角、方位角等信息, 对每一个包含倾角方位角信息的采样点计算其相似性值, 对每一个点只保留最小的相似性值(称之为最大似然体)及对应的倾角、方位角值, 提取最大似然属性耗时较长。同时, 软件可以根据需要分别计算

出在线和道方向上的最大似然值, 最后针对相似性做全区归一, 使之能反映断层的线性关系, 有利于刻画不同方向的断层及裂缝。

为了进一步增强断裂及裂缝的识别, 应用图像识别技术, 对断裂及裂缝进行增强显示, 该结果进一步增强了断裂和裂缝, 更易于识别。

2 最大似然属性体计算

利用最大似然属性识别断层主要包括断层的地震响应特征分析、倾角控制下的断层成像技术增强和最大似然属性的计算。

2.1 断层的地震响应特征

计算最大似然属性前, 首先应了解研究区的地震数据特点和主要目的层断裂的地震反射特征, 分析断层地震响应特征。根据研究区实际井的速度和密度信息建立不同断距的模型。图 1 的正演模拟显示, 断距小于 40 m 时, 正演结果仅表现为地震同相轴的扭曲特征。通过正演分析, 为后续的参数选择及对地震属性的地质解释奠定基础^[7-9]。

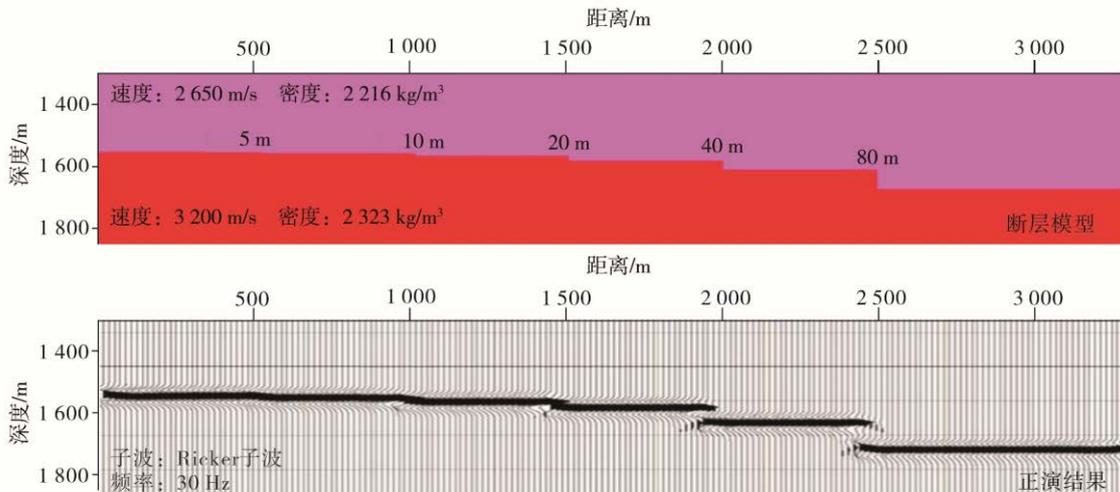


图 1 不同断距的正演模拟

2.2 倾角控制下的断层成像技术

最大似然属性主要利用地震同相轴的不连续性, 而地震数据在采集过程中存在噪音, 后期处理中不可能全部去除, 会造成地震同相轴的不连续, 另外, 地层及岩性的突变也会造成地震同相轴的不连续。为了减少这些干扰, 在提取最大似然属性之前要适当滤波并加强断裂成像处理, 提高地震资料信噪比。

计算最大似然体之前应开展构造导向滤波, 减小对断层刻画起干扰作用的噪音, 增强断层发育部位地震同相轴的错断。通过构造导向滤波, 去除随机噪音干扰, 增加地震同相轴的连续性, 增强断层

成像效果。

图 2 为地震数据体断层成像增强前后对比, 可以看出经过构造导向滤波, 地震同相轴连续性有所增强, 断点清晰, 断层易于识别。

2.3 最大似然属性的计算

最大似然属性是计算每一个采样点一定步长范围内不同走向、不同倾角下最大似然属性值, 每一个采样点只保留最小相似性值及对应的倾角和方位角。关键参数中包含横向采样点数及垂向时窗大小, 这些参数设计会影响计算时间的长短。最大似然属性的计算在于垂向时窗的选择, 选择大时窗, 计算

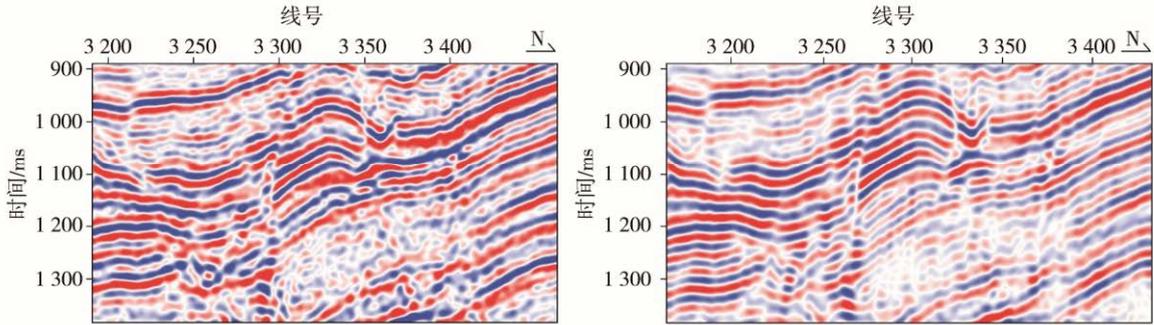


图2 滤波前(左)、后(右)地震剖面对比

较慢,质量相对高;选择小时窗,计算较快,质量相对低。这两种时窗在断裂刻画上差异不大,在反映裂缝等细节方面,大时窗的效果更好。如果仅用于研究断裂的展布,可采用小时窗计算,突出断层平面的变化。图3为最大似然属性与地震剖面的融合,

可以看出最大似然属性在断层位置有明显的异常,对断层刻画具有很好的指示作用,特别在小断层的识别方面效果更突出。对于断距小的断层,地震剖面上表现为同相轴的扭动也能够被精细识别,识别层间小断层效果特别好^[10-13]。

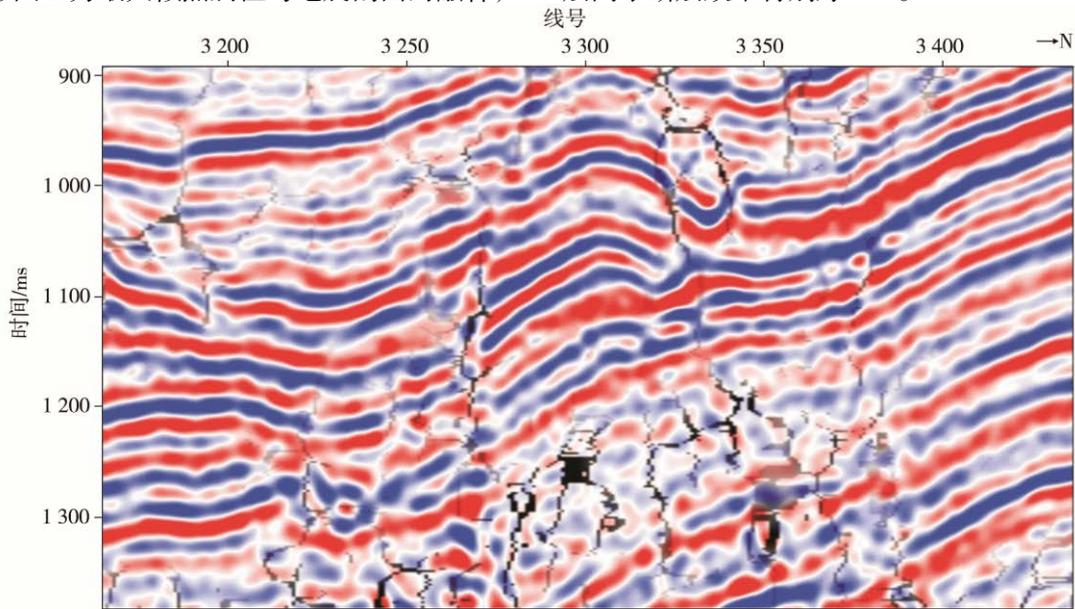


图3 最大似然属性与地震剖面融合

3 应用实例分析

为了精细刻画张厂地区核三段主要目的层的断裂展布,用不同算法沿主要目的小层制作地层体切片(图4)。从断层及裂缝刻画的精细程度来看,最大似然属性精度最高,相似性属性次之,相干体属性最差。相干体切片及相似性属性切片能够反映大断裂,但无法刻画低级序断裂,裂缝刻画困难;而最大似然属性能够精细刻画断层平面展布,且对于断裂内部结构、小断层及裂缝刻画均有较好的效果。

最大似然属性切片能够清楚地反映北西向断层展布,每一条断层都清晰可见,交切关系更清楚,一些大断层旁侧发育的多条分支断层也比较明显。

根据最大似然属性预测结果,结合地震剖面解释,重新刻画了泌阳凹陷张厂地区的断裂平面展布,重点是精细识别了一批北西向小断层,北东向断层刻画精度明显高于其他数据体刻画的精度。通过北西向断层与北东向断层配置,形成了一系列断块圈闭。

优先在 B15 井北断块圈闭部署了 B400 井,钻探后试获工业油流,同时也证实了北西向断层的存在。随后在 B400 井东断块圈闭部署的 ZhCh1 井也试获工业油流,取得了较好的经济效益,表明最大似然属性能够有效地刻画断裂的平面展布。

4 结论

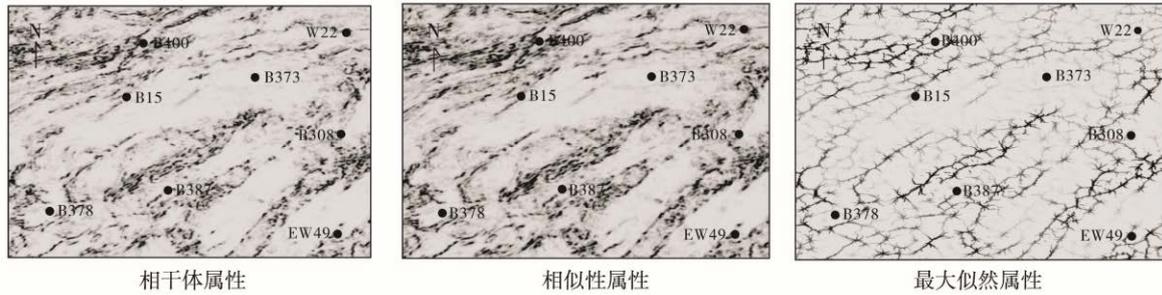


图4 张厂地区核三段4砂组底面对应地震反射层3种属性对比

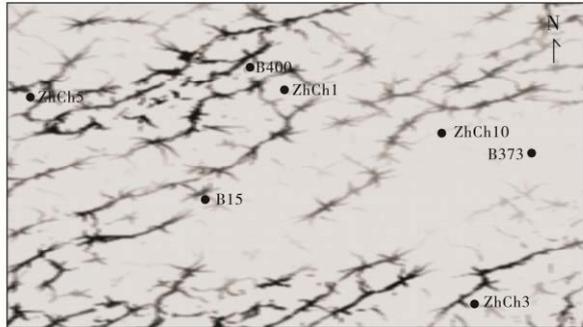


图5 张厂地区地震反射层最大似然属性平面图

(1) 最大似然属性是对整体样点数据之间扫描得到其相似性,能得到断裂最有可能发育的位置,特别是刻画低级序断层效果明显。

(2) 利用最大似然属性精细刻画了泌阳凹陷张厂地区的断层展布,北东向断层刻画精度明显高于其他数据体的精度,刻画的北西向断层,符合区域地质认识。

参考文献

- [1] 邱荣华. 泌阳凹陷北部斜坡带油气富集条件及油藏类型[J]. 石油与天然气地质, 1990, 11(2): 214-219.
- [2] 张正涛, 林畅松, 李慧勇, 等. 渤海湾盆地沙垒田地区新近纪走滑断裂发育特征及其对油气富集的控制作用[J]. 石油与天然气地质, 2019, 40(4): 778-788.
- [3] 邓尚, 李慧莉, 张仲培, 等. 塔里木盆地顺北及邻区主干走滑断裂带差异活动特征及其与油气富集的关系[J]. 石油与天然气地质, 2018, 39(5): 878-888.
- [4] 李学良, 张奎华, 林会喜, 等. 准噶尔盆地西北缘二叠系风城组储层发育特征及油气富集因素[J]. 特种油气藏, 2019, 26(1): 37-44.
- [5] 罗泉, 刘俊锋, 张磊, 等. 塔里木盆地轮古西地区奥陶系断裂特征及其对油气富集的控制作用[J]. 特种油气藏, 2018, 25(2): 19-24.
- [6] 李新, 倪艳南, 刘菲菲, 等. 泌阳凹陷北坡油气富集规律与勘探潜力分析[J]. 石油地质与工程, 2010, 24(3): 13-16.
- [7] 吴群, 朱颜, 王树芳, 等. 泌阳凹陷张厂地区 E2h3IV 砂组滩坝砂沉积学特征及勘探意义[J]. 地质科技情报, 2014, 33(1): 19-23.
- [8] 赵雨晴, 张永华, 罗家群, 等. 泌阳凹陷复杂断裂带三维地震资料精细解释方法和效果分析[J]. 石油物探, 2009, 48(5): 524-530.
- [9] 王兆旗, 范国章, 杨存, 等. 孟加拉湾浅层气发育区地震资料处理关键技术[J]. 断块油气田, 2019, 26(5): 590-595.
- [10] 金晓波. 南川区块断层精细解释研究[J]. 油气藏评价与开发, 2018, 8(4): 6-10.
- [11] 李恒权, 郑融, 王双泉, 等. 相干体技术在泌阳王集-新庄地区的应用[J]. 石油地质与工程, 2013, 27(3): 53-55.
- [12] 马德波, 赵一民, 张银涛, 等. 最大似然属性在断裂识别中的应用——以塔里木盆地哈拉哈塘地区热瓦普地区奥陶系走滑断裂的识别为例[J]. 天然气地球科学, 2018, 29(6): 817-825.
- [13] 赵钊, 汤良杰, 赵志刚, 等. 南海北部珠二坳陷超深水区域断层系统分析中的高精度相干技术[J]. 石油与天然气地质, 2018, 39(1): 165-174.

(编辑 赵川喜)