

文章编号:1000-1441(2011)05-0521-05

断层识别技术及其在肇州油田的应用

王 鹏^{1,2}, 钟建华^{1,3}, 张亚金⁴, 赵文栋⁵, 王 旭²

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东广州 510640; 2. 中国石油天然气集团公司东方地球物理勘探有限责任公司研究院地质研究中心, 河北涿州 072751; 3. 中国石油大学(华东), 山东青岛 266555; 4. 中国石油天然气集团公司大庆油田勘探开发研究院, 黑龙江大庆 163000; 5. 中国石油天然气集团公司渤海钻探工程有限公司, 天津 300475)

摘要:肇州油田州 371 区块位于肇州鼻状构造东翼, 是油气运移的指向区。由于断层切割而发育有小断块和小断鼻, 小断层对构造形态及油水关系影响大。针对该区块断层多、断距小、延伸短、多期发育、切割关系和组合关系复杂、小断层解释和识别难的地质特点, 综合应用了相干体分析技术、沿层倾角方位角分析技术、频谱分解技术以及三维可视化技术等多种物探技术手段, 结合地震剖面等多种信息, 识别出常规地震数据体难以识别的小断层, 并厘清了该区块断层的分布规律及接触关系, 发现和落实了一批与小断层有关的低幅度构造, 表现了精细构造解释的目的。

关键词:断层; 优势频带; 相干体; 倾角方位角; 频谱分解; 构造精细解释

DOI:10.3969/j.issn.1000-1441.2011.05.016

中图分类号:P631.4

文献标识码:A

在油气勘探中, 断层解释的准确性和合理性直接影响构造成图的精度和开发方案的设计。应用物探技术进行断层识别是油气勘探的关键。断层在地震剖面上表现为: 反射同相轴错断; 反射同相轴突然增减或消失, 波组间隔突变; 反射同相轴形状突变, 反射零乱或出现空白带; 标准反射同相轴发生分叉、合并、扭曲、强相位转换等现象; 出现异常波组等。受地震资料分辨率的影响, 采用上述特征识别和解释微小断层(断距接近或小于 1/4 波长的断层)非常困难。当断层断距小于 1/4 波长时, 反射同相轴没有明显的错动或波形没有明显差异, 但断层反射处的反射波振幅值会发生一定的变化或同相轴发生轻微扭曲^[1]。因此我们利用物探技术提取振幅值的变化或同相轴的扭曲信息, 并突出其变化规律, 所提取的振幅值或同相轴扭曲的规律性变化可作为小断层解释的依据。

当前识别断层的方法主要有以下几类:

1) 沿层地震属性识别, 包括沿层相干属性、沿层倾角方位角属性、沿层剩余振幅属性^[2]、断棱检测^[3]以及应用突变理论沿层提取时间域与频率域的突跳时间和突跳势参数^[4]等;

2) 地震体属性识别, 包括相干体^[5]、方差体^[6]、曲率体属性^[7]、相位调谐体^[8-9]、高阶统计量相干技术^[10]、边缘检测技术^[11]、波形分析技术^[12-13]、分形技术^[14]和人工神经网络^[15]等;

3) 衍生属性识别, 包括优势频带相干数据体

处理技术^[3]、优势频带分频相位分析技术^[16]等;

4) 面包切片技术^[17]、三维可视化以及虚拟现实技术^[18-19]等。

沿层属性提取是在层位解释的基础上进行的, 对层位的依赖性较大, 因此受人为因素影响较大; 地震体属性不受人为因素的影响, 得到的结果较客观; 衍生属性是两种体属性的结合, 其对断层的识别更加清晰。面包切片技术、三维可视化以及虚拟现实技术利用三维立体显示功能, 并结合区域地质规律对断裂进行三维空间组合, 保证断裂在三维空间闭合以及断层在三维空间的展布平滑和合理。

在地质理论的指导下, 我们从实际三维地震资料出发, 结合探井和开发井的钻探情况, 以 T₂ 地震反射层为研究对象, 应用多种物探技术手段, 解剖全区整体构造, 精细解释局部构造, 以断层解释为构造解释的突破口, 在控制大断层展布后细化小断层的解释。

1 工区概况

三肇凹陷为松辽盆地中央坳陷区内二级负向构造单元, 其断裂系统主要分为断陷期、坳陷期、反转期和长期发育 4 种断裂发育类型, 其断层性质主

收稿日期:2010-05-28; **改回日期:**2011-08-04。

作者简介:王鹏(1979—), 男, 工程师, 博士在读, 现主要从事地震资料综合研究工作。

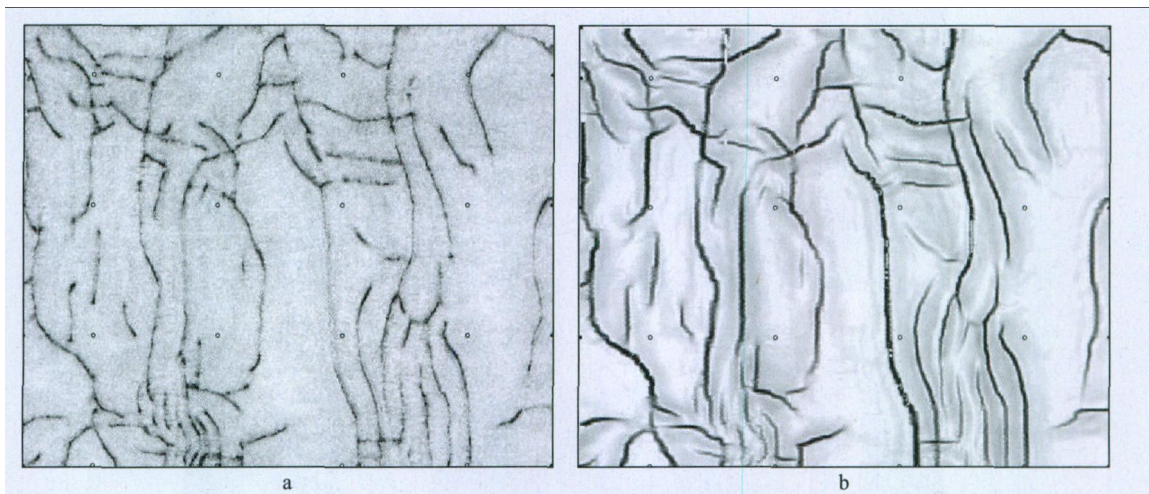


图2 相干体时间切片
a 高分辨率数据相干体; b 优势频带相干体

追踪的层位成果数据。通过对地震数据倾角和方位角的扫描,计算出倾角方位角属性,其异常可以较好地反映断层的存在。具体做法是:首先在层位精细标定的基础上进行层位精细追踪,然后对精细追踪的层位进行沿层倾角方位角检测分析。

这项技术对断层微小变化起到放大的功能,可识别同相轴扭曲而无明显错断的小断层。图3显示了扶余油层顶沿层倾角方位角属性。如图3所示,主断裂为近南北向展布,次级断裂与主断裂的接触关系较清楚。



图3 扶余油层顶沿层倾角方位角平面属性

2.2.3 频谱分解技术

频谱分解技术通过短时窗离散傅里叶变换(DFT)或最大熵(MEM)将地震资料从时间域转换到频率域,得到振幅谱和相位谱调谐数据体。断层对相位的稳定性影响较大,可用相位调谐体的频率切片识别断层。因为断层及附近的相位谱很不稳定,而在远离断层的位置相位谱比较稳定或呈渐变特征,故相位调谐体频率切片比传统的相位属性

更能准确地识别和解释断层。

具体做法是:浏览不同频率的切片,观察不同频率下的相位变化,选取主断层与次生断层显示清晰且组合关系明确的相位切片作为优势频率相位切片,进行断层识别的分析和组合。图4是扶余油层顶主频50 Hz相干切片。可以看出,与图3相比,图4显示的断层细节及地层特征更加清楚。

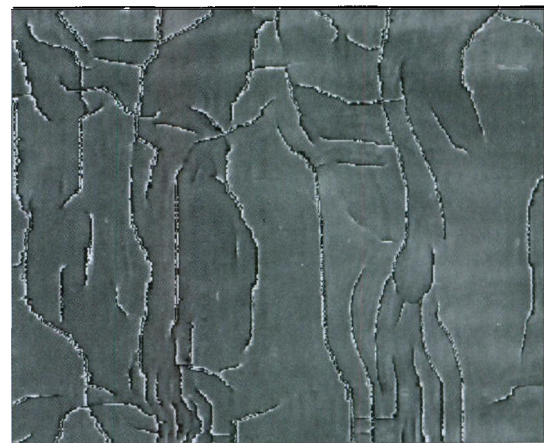


图4 扶余油层顶主频50 Hz相干切片

2.2.4 三维可视化技术

三维地震资料可视化解释应用真实的静态或动态图像(图形)描述观测数据、显示计算过程和分析结果,从而揭示大量离散、复杂数据中包含的信息和内在联系^[19]。三维可视化技术是实现全三维解释的基础,也是未来解释技术发展的方向。可视化既是一种解释工具,也是一种成果表达工具,在构造解释中,可将已做完的解释成果,加载到可视化系统中,快速检查层位和解释断层,直观观察空间上断层间的接触关系,可以判断断层解释的合理性(图5)。

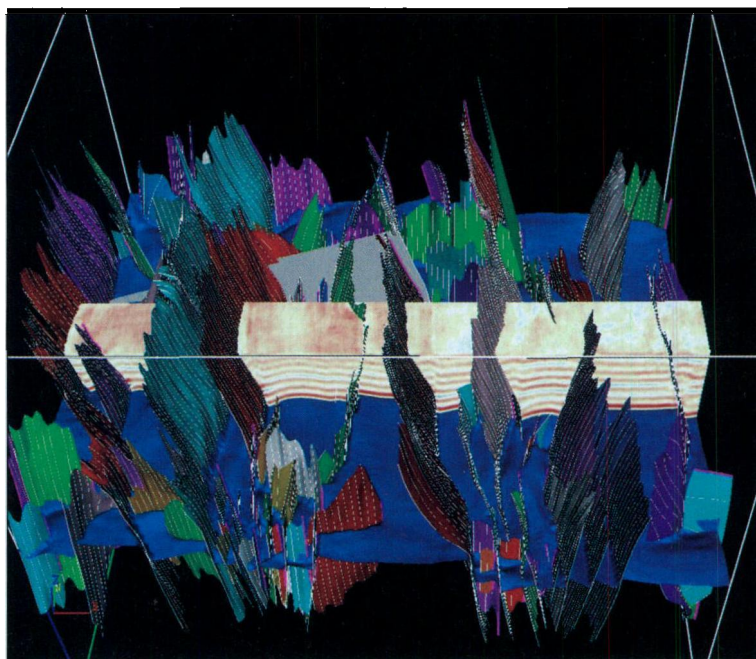


图5 三维构造的可视化解释结果

3 应用效果分析

对肇州油田州371区块小断层进行研究,认清了构造断裂的特征,认为研究区内扶余油层顶面断层复杂,总的构造趋势为南高北低、西高东低。扶余油层顶面断层发育,均为正断层,断层走向主要为近南北向和近东西向。倾向以北北西向为主。图6对比了扶余油层顶面反射层前期、后期断层解释结果(其中,红色为新断层),共解释断层118条,其中新解释断层21条,延伸长度一般为0.1~0.5 km,大于0.6 km的有6条,最大延伸长度1.5 km,断层首尾形态发生较大变化断层12条。

图7显示了扶余油层顶面反射层的构造情况,可以



图6 扶余油层顶面反射层前、后期断层解释结果对比

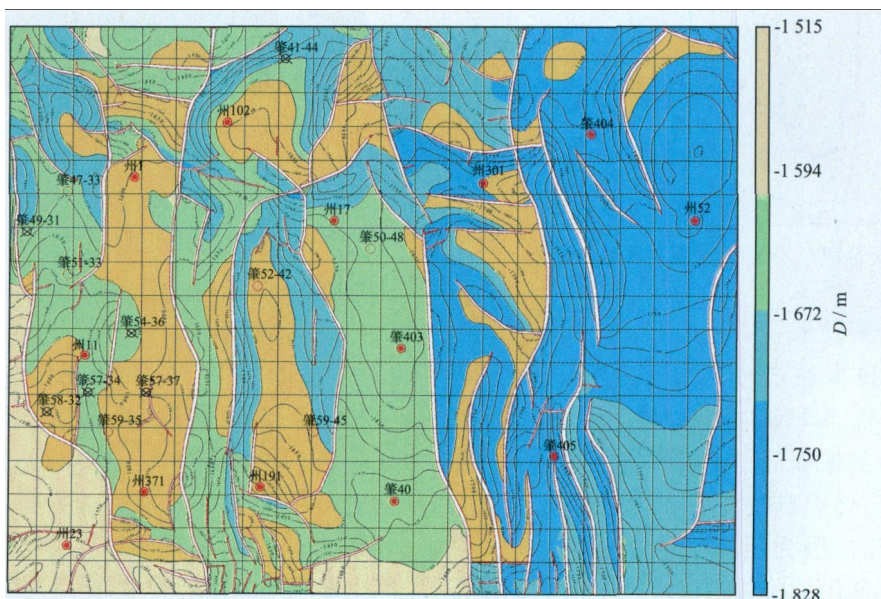


图7 肇州油田州371区块扶余油层顶面构造情况

看出,断层将扶余油层顶面切割成众多局部圈闭高点,形成了一些以断块、断鼻和小背斜为主的局部圈闭。

与肇州油田新增钻井资料对比表明,本次研究新增断层都得到了验证,解释目的层深度与钻井深度的绝对误差在5 m以内,新解释断层21条,达到了精细解释的目的。

4 结束语

通过多种物探技术在研究区的综合应用,地震资料解释时新增了不少小断层,并对部分断层的接触关系进行了调整,进一步完善了局部构造形态,取得了较好的效果。我们认为:

1) 直接应用常规地震资料对小断层进行解释和识别存在较大的困难,实际工作中应开阔思路,应用一些非常规方法,如衍生属性—优势频带相干数据体处理技术,它是优势频带与相干体分析的结合,可以显著提高相干数据体对小断层的识别能力;

2) 综合应用相干体技术、沿层倾角方位角分析技术、频谱分解和三维可视化技术,能够比较客观地反映断层细节及地层特征,增强了识别小断层的能力,提高了断层空间组合、展布特征及相关关系的可靠程度;

3) 研究区扶余油层顶面断层均为正断层,走向主要为近南北向和近东西向。断层将扶余油层顶面切割成众多局部圈闭高点,形成了一些以断块、断鼻和小背斜为主的局部圈闭。

参 考 文 献

- [1] 陆基孟. 地震勘探原理(下册)[M]. 山东:中国石油大学出版社,1993:82-83
- [2] 王彦君,雍学善,刘应如,等. 小断层识别技术研究及其应用[J]. 勘探地球物理进展,2007,30(2):135-139
- [3] 吴清龙,张延庆,崔全章. 小断层综合解释技术在英台地区的应用[J]. 石油地球物理勘探,2003,38(5):527-530
- [4] 张江华,林承焰,张江利,等. 突变理论在断层检测中的应用[J]. 石油天然气学报,2008,30(1):254-256
- [5] 孙夕平,杨国权. 三维地震相干体技术在目标区沉积相研究中的应用[J]. 石油物探,2004,43(6):591-594
- [6] 赵牧华,杨文强,崔辉霞. 用方差体技术识别小断层及裂隙发育带[J]. 物探化探计算技术,2006,28(3):216-218
- [7] 杨午阳,邓央,徐云涛,等. 基于小波变换的曲率属性提取和重构方法[J]. 天然气工业,2007,27(5):55-57
- [8] 张延庆,魏小东,王亚楠,等. 谱分解技术在QL油田小断层识别与解释中的应用[J]. 石油地球物理勘探,2006,41(5):584-591
- [9] 杨林. 地震频谱分解技术应用中有关问题的讨论[J]. 石油物探,2008,47(4):405-409
- [10] 熊晓军,尹成,张白林,等. 基于四阶互累积量的小断层自动识别方法[J]. 石油地球物理勘探,2004,39(增刊):158-164
- [11] 孙夕平,杜世通. 边缘检测技术在河道和储层小断裂成像中的应用[J]. 石油物探,2003,42(4):469-472
- [12] 张永升. 波形分析方法在碳酸盐岩储层预测中的应用[J]. 石油物探,2004,43(2):135-138
- [13] 师永民,祁军,张成学,等. 应用地震波形分析技术预测裂缝的方法探讨[J]. 石油物探,2005,44(2):128-130
- [14] 王兴建,曹俊兴,李学民. 基于分形理论的地震裂缝检测方法[J]. 石油物探,2003,42(2):191-195
- [15] 崔若飞,许东. 利用分形技术和人工神经网络技术检测小断层[J]. 中国矿业大学学报,1999,28(3):258-261
- [16] 毕俊凤. 优势频带分频相位分析技术的应用[J]. 工程地球物理学报,2008,5(2):192-195
- [17] 秦伟军,张永华,全书进. 精细构造解释与储层预测技术在泌阳凹陷中南部地区二次勘探中的应用[J]. 石油物探,2004,43(1):62-66
- [18] 吴东胜,陈华军,刘少华,等. 三维可视化技术在隐蔽油气藏勘探中的应用[J]. 石油物探,2005,44(1):44-46
- [19] 李剑峰,董宁,关达. 虚拟现实技术在鄂尔多斯东北部低渗透气藏勘探开发中的应用[J]. 石油物探,2005,44(5):471-473
- [20] 武卫锋. 三肇凹陷扶余油层断裂系统及控藏机理研究[D]. 大庆:大庆石油学院,2008
- [21] 付广,张石峰,杜春国. 松辽盆地北部岩性油藏形成机制及主控因素[J]. 石油勘探与开发,2002,29(5):22-24

(编辑:顾石庆)

profile was obviously enhanced, the continuity of reflection events was largely improved, and the static correction problem of middle-wavelength and long-wavelength were partly solved.

Key words: transient electromagnetic method; near surface structure; uphole shooting; low-velocity layer; static correction

Liu Yiwen, Institute of Geophysics, Xinjiang Oilfield Company, PetroChina, Urumqi 830013, China

Application of dominant frequency band phase analysis technique on the fault interpretation in AA Block. Bai Gunjun, Zhao Rumin, Yang Songling, Li Peipei, Hu Bin. *GPP*, 2011, 50(5): 513~516

The complex faulted system in AA Block is characterized by short extended distance and small fault throw, and the faults has bad continuity and uncertain contact relationship, which leads to the difficulty in the fault identification by conventional seismic interpretation. Aiming at the problem, we adopted the improved wavelet transform frequency division technique to study the optimum imaging frequency band (that is the dominant frequency band). In the optimum imaging frequency band, by browsing the phase slices with different frequency, the slices with clearest and most comprehensive fault combination relationship were optimized. Then, by observing its phase delaying characteristic, fine fault interpretation and faulted system identification were well done. Actual application shows that dominant frequency band phase analysis technique can recognize more discontinuous information of formations, which compensates the deficiency of traditional coherent method and is more accurate for the delimitation of fault boundary.

Key words: frequency division technique; dominant frequency band; phase slice; fault interpretation

Bai Gunjun, CNOOC Research Institute, Beijing 100027, China

Application of seismic curvature attribute to fracture prediction in Xinchang area, western Sichuan Depression. Kong Xuanlin, Tang Jianmin, Xu Tianji. *GPP*, 2011, 50(5): 517~520

The gas reservoir of deep Xujiache Formation in Western Sichuan Depression is a typical fractured gas reservoir, which is characterized by deep-buried, extra-high pressure, extra tight, low porosity and permeability. Fracture detection is one of the technical difficulties to be urgently solved in exploration and development in this area. Aiming at the limitation and multi-solution problems of the conventional fracture prediction methods, we studied the curvature attribute that is a practical seismic attribute. The curvature attribute was applied on the fracture detection in XC Block of Xinchang area, Western Sichuan Depression. Actual application result is coinciding well with drilling data. Meanwhile, the detection scale of curvature is smaller than that of coherent cube attribute, which is more effective in high coherence area where coherence attribute may be invalid. So, curvature attribute will be worth to be popularized and applied in fracture prediction.

Key words: curvature; seismic attribute; fracture prediction; fine interpretation

Kong Xuanlin, Key Laboratory of Multi Components Seismic Technology, Deyang 618000, China

Fault identification technique and its application in Zhaozhou Oilfield. Wang Peng, Zhong Jianhua, Zhang Yajin, Zhao Wendong, Wang Xu. *GPP*, 2011, 50(5): 521~525

Zhou371 Block of Zhaozhou Oilfield is located in the eastern flank of nose structure, which belongs to the favorable directional zone of hydrocarbon migration. Because of the cross cutting of fault, small fault blocks and small fault-noses are developed, and the small faults has significant influence on structural feature and the oil-water relationship. The block is characterized by many faults, small fault throw, short extended distance, multi-stage development, complex cutting relationship and combination relationship, difficult in interpretation and identification of small faults. Aiming at the characteristics, we integrated coherent cube analysis technique, along-layer dip & azimuth analysis technique, frequency spectrum decomposition technique and 3D visualization technique, combining with all kinds of information such as seismic sections, identified some small faults which cannot be recognized from conventional seismic data volume, and verified the distribution and contacting relationship of the faults in the area. Meanwhile, some low-relief structures related with small faults were discovered and defined, and fine structure interpretation was realized.

Key words: fault; dominant frequency band; coherence cube; dip & azimuth; spectrum decomposition; fine structural interpretation

Wang Peng, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

Application of nuclear magnetic resonance and MDT logging in the complex clastic reservoir in Tahe Oilfield. Zhou Hongtao, Liu Jianhua. *GPP*, 2011, 50(5): 526~530

For the complex clastic reservoir in Tahe Oilfield, conventional logging interpretation causes multi-solutions. In order to provide rapid and accurate evaluation on the reservoirs, we introduced nuclear magnetic resonance (NMR) and MDT logging. By applying NMR and MDT on the actual data of several wells, we discussed the application results from the identification of low-resistivity oil & gas reservoirs, the evaluation of low-porosity & low-permeability reservoir and the discovery on new potential formations and complex reservoirs. The results indicate that NMR and MDT are good for the evaluation of the complex clastic reservoirs in Tahe Oilfield, which improves the accuracy of logging interpretation.

Key words: Tahe Oilfield; complex reservoir; rapid evaluation; nuclear magnetic resonance; MDT logging

Zhou Hongtao, Research Institute of Exploration and Development, Sinopec Northwest Oilfield Company, Urumqi, 830011, China