

文章编号: 1671-8585(2006)04-0285-05

纯东地区目的层反射资料小波分频处理与解释

王华桥¹, 邹伟^{2,3}, 罗群⁴, 丁峰¹, 黄捍东⁴

(1. 西南石油大学资源与环境学院, 四川成都 610500; 2. 中国科学院地球化学研究所, 贵州贵阳 085100; 3. 中国石油化工股份有限公司中原油田分公司, 河南濮阳 037900, 4. 中国石油大学, 北京, 102200)

摘要:纯东地区勘探目的层沙四下亚段红层地震资料品质差, 难以满足精细构造解释的需要。地震资料特殊处理有利于改善地震资料品质, 采用小波分频特殊处理技术, 取得了较好的效果。在地震资料品质较差地区, 通过区域应力特征分析, 根据上下层位和基底形态, 以及周边品质较好地震资料类比和推断, 应用局部应力分析方法建立相应的构造解释模式, 来指导研究区目的层的构造解释。

关键词: 纯东地区; 地震资料; 分频处理; 构造解释

中图分类号: P631.443

文献标识码: A

1 工区概况

纯化油田纯东地区位于东营凹陷南斜坡纯化—草桥断鼻带西端, 北部以纯北大断层为界与梁家楼油田相接, 南以石村断层与博兴油田相隔, 西北为小营油田, 东南为乐安油田, 面积约 100 km², 主要含油层系为沙四下亚段红层, 埋深 2 300 ~ 2 800 m。

研究区位于纯化油田东区南侧, 是油田东区南扩的重要区域。目的层沙四下亚段为红层, 厚度约 500 m, 为砂泥岩互层, 砂层薄且与泥岩的速度差别很小, 造成地震资料空白带较多或杂乱反射现象普遍, 导致三维资料品质差, 无法进行构造的精细解释, 严重阻碍了该区的勘探和开发。

2 纯东地区地震资料小波分频处理

2.1 地震资料品质及叠后特殊处理的必要性

研究区目的层沙四下红层三维地震资料品质很差, 空白带和杂乱反射普遍, 难以满足构造精细解释需要(图 1)。这些特征与研究区目的层上覆地层(沙四中、沙三、沙二段等地层)、下伏基底及中生代地层的反射差别较大。造成研究区目的层反射品质差的原因, 与所处构造部位基底断裂发育, 构造活动强烈, 断裂纵横交错, 导致地层十分破碎有关; 其次, 沙四下红层脆性大, 后期构造运动使其次生微裂缝发育; 最后, 其上覆地层是巨厚的沙三、

沙二湖相泥岩、膏岩和油页岩, 对下伏地层(沙四下红层)形成屏蔽。因此, 研究区目的层的研究, 尤其是构造研究, 显得十分困难。

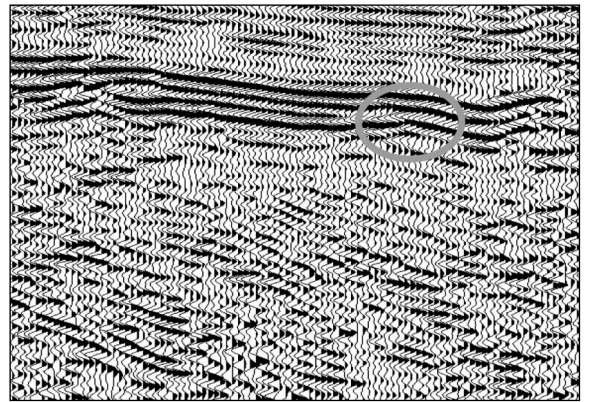


图 1 目的层地震反射特征(Inline 166 地震剖面)

研究区北部纯 26 块、中部纯 17 井区有多口井钻入沙四下红层, 并获得工业油流, 表明研究区沙四下红层为重要的勘探和开发层系。要进行高效的勘探和开发, 必须首先弄清其地质特征, 尤其是构造地质特征, 在此基础上查清油气形成与分布的控制因素, 揭示油气分布规律。在此, 构造研究是基础, 而要获得正确的构造认识, 必须改善现有地震资料的品质, 使其信噪比、分辨率尽可能满足目前构造研究的精度要求。

2.2 小波高分辨处理的特点和实现步骤

在复杂波场的地质研究中, 原始地震记录的分

收稿日期: 2006-05-21; 改回日期: 2006-06-15。

第一作者简介: 王华桥(1978—), 男, 西南石油大学地球探测与信息技术专业硕士在读, 主要从事石油物探研究工作。

分辨率和信噪比的高低直接影响地震解释的结果。针对工区的实际地质条件和地震资料的特点,选择合适的地球物理方法对地震记录进行处理,将会大大地改善地震资料的品质。几年来的探索和研究发现:采用小波分频处理在提高地震记录分辨率的同时,可以压制噪音、突出有效波,从而有利于进一步对构造特征和储层特征进行研究^[1~3]。

所谓小波分频,是指利用小波变换这一新的数学分析方法的高分辨功能和优良的“数学放大镜”特性,将地震记录分解为一系列具有中心频率的窄带地震剖面。这种剖面被称为小波分频剖面,各分频剖面的集合即小波分频。在这些域中,

隐蔽圈闭的横向分辨率很高,但纵向分辨率不高,我们提出的“沿层分频处理”、“高分辨率剖面重建”等新方法^[4,5],使纵、横向分辨率均有很大的提高,甚至可以超过 Widess 定义在时空域中的分辨率极限。

小波正变换可将信号分解为很多频率通道,我们可以对这些含不同频率成分的频率通道进行分析,其中通过对分频剖面作类似于谱白化的处理,可获得在纵向上具有较高分辨率的结果,然后再利用小波反变换对谱白化结果进行精确重建,就可完成小波分频高分辨率处理,具体实现步骤见高分辨处理流程图(图 2)。

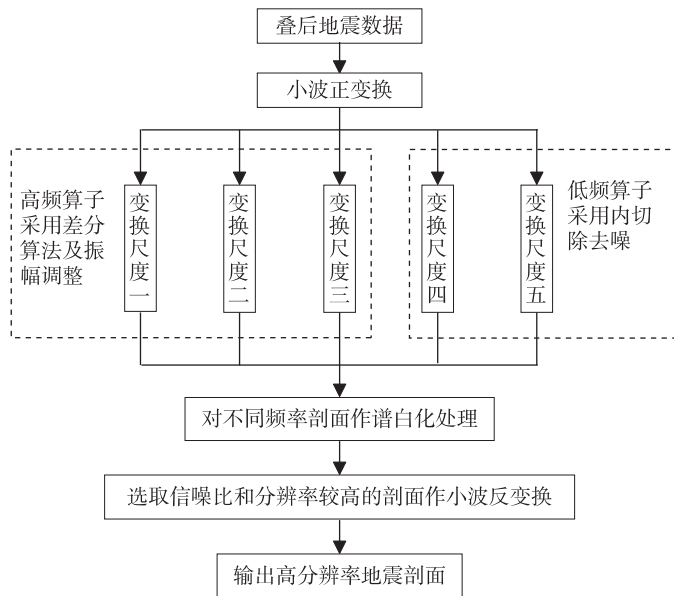


图 2 小波分频高分辨处理流程

2.3 地震资料小波高分辨处理结果

图 3 和图 4 分别为小波分频处理前后的频谱分析结果,图 5 为分频处理后同样参数显示的地震剖面。可以看到:处理后的地震主频略有提高,由原来的 34 Hz 提高到 38 Hz,高频成分的能量得到加强(图 4);噪音被适当压制,处理后的地震剖面同相轴的横向变化特征被突出出来,断点更清晰(图 5),波组特征更明显,为下一步的构造解释奠定了良好的资料基础。

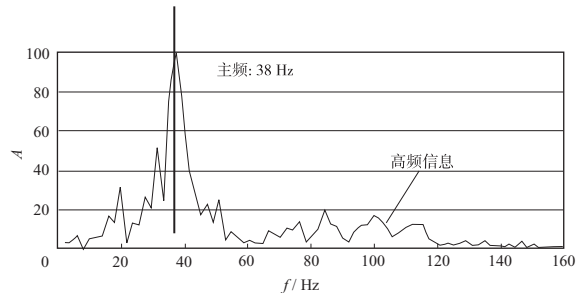


图 4 小波分频高分辨去噪处理后地震剖面 In-line166 目的层段频谱分析

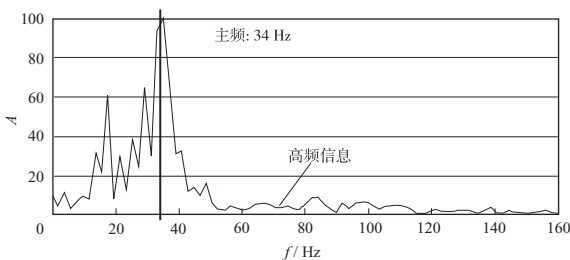


图 3 原始地震剖面 In-line166 目的层段频谱分析

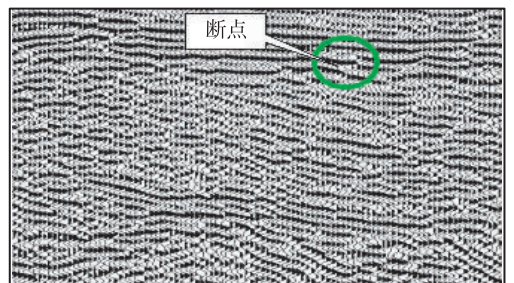


图 5 小波分频高分辨去噪处理后地震剖面 In-line166

3 构造解释与成图精度分析

3.1 构造解释的步骤

通过小波分频、去噪等地震资料的特殊处理,研究区目的层地震资料的品质得到一定程度的改善,从而为地震资料的合理解释奠定了基础。尽管如此,单纯以地震剖面作为构造解释的主体还是不够的,因为工区沙四下红层的地震资料包含太多的假象。引起多解性的因素很多,必须针对研究区区域地质特征和具体地质条件,建立合理的构造模式,以指导本区沙四下红层的合理构造解释。构造解释流程如图6所示。

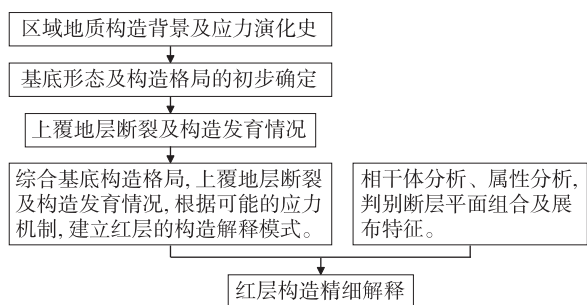


图6 红层构造解释流程

具体做法如下。

1) 区域地质背景, 演化历史(应力)分析。

研究区位于东营凹陷南斜坡纯化鼻状构造带, 该块为南部和北部2条近东西向断层所夹的宽缓断鼻构造。基底为一系列受基底大断裂控制的向南逐渐抬升的潜山。本区第三纪初以近南北向拉伸应力场作用为主, 形成裂隙, 第三纪末至第四纪受到来自东部的挤压式压扭作用, 形成现今构造形态^[6,7]。

了解研究区区域构造背景及应力演化历史, 对于分析其宏观构造特征及断层组合有重要指导意义。

2) 确定基底断裂格局及基底形态。

基底构造对盖层(沉积层)的构造演化和沉积发育有重要的控制作用, 本区三维地震剖面上基底(T_g)形态相对比较清楚, 尤其在联络线方向。通过基底断裂和基底形态的追踪和解释, 可以弄清基底宏观断裂特征和宏观构造格局, 并使其作为沙四下红层构造解释模式的建立依据。

3) 参照上覆地层的标志层构造(断裂)发育情况的解释。

沙四下红层的上覆地层——沙四中、沙四上及沙三、沙二、沙一等地震反射特征较清楚, 资料品质

相对较好, 沙一底、沙二底、沙三底等反射层特征明显, 如 T_3 (沙一段底界): 强振幅、中频、较连续。 T_4 (沙二上亚段底界): 中强振幅、中频较连续, 其上为一套弱—空白反射。 T_5^3 (沙三中亚段底): 为3个强振幅、低频、连续的反射。 T_6^1 (沙三下底界): 为一套弱振幅为主夹有不连续的中振幅反射^[8]。全区稳定, 断裂特征明显, 断点清晰。通过断裂及构造的解释, 结合沙四下红层可能存在的断裂发育型式^[9], 对沙四下红层进行构造解释, 从而减少红层断裂解释的多解性(红层因破碎, 地震资料的假象多)。

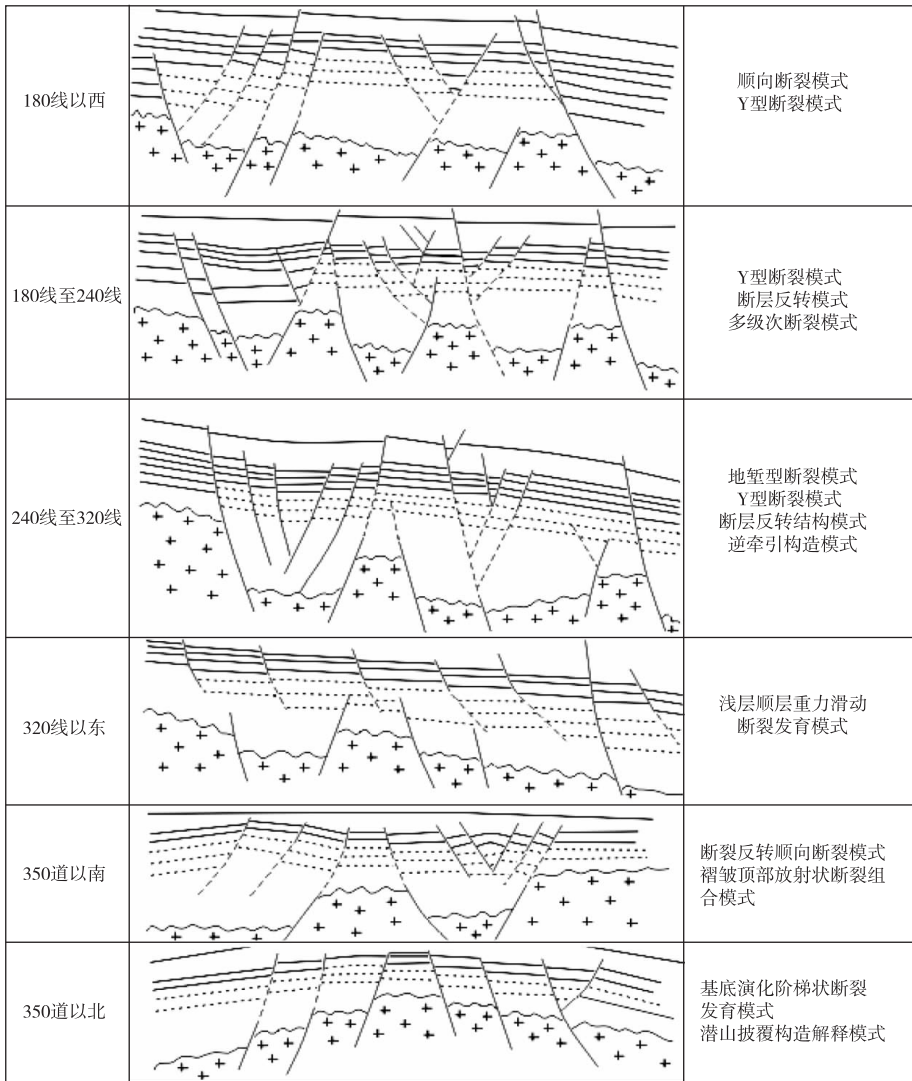
4) 综合红层上覆反射层和下部基底形态, 建立沙四下红层的构造解释地质模式。

基底构造对盖层构造(包括沙四下红层及其上覆的地层)的形成与演化有重要的影响, 这是我们依据红层下伏基底构造, 上覆沙四中、上亚段及沙三、沙二、沙一地层的构造来推断和解释红层基本构造特征的依据, 结合以上具体做法和沙四下红层本身反映出来的地质构造信息, 以及研究区构造格局和区域应力场背景下可能形成的构造力学模型, 可以建立合理的构造解释模式(图7)。同时平面上运用相干体技术、地震属性提取技术等, 验证和完善断层的平面组合, 从而理顺研究区目的层的断裂体系。

5) 依据不同构造单位可能存在的构造解释模式, 结合具体地震反射特征, 合理进行构造解释。图8为 Inline104线地震解释剖面, 地震剖面上断点清楚。

3.2 成图精度与效果分析

依据以上解释方法, 对工区进行了构造解释, 解释层位包括 T_0 (明化镇组底界), T_1 (馆陶组底界), T_2 (东营组底界), T_3 (沙一段底界), T_4 (沙二上亚段底界), T_5^1 (沙三上段8砂组底界), T_5^2 (沙三中段5砂组底界), T_5^3 (沙三中亚段底), T_6^1 (沙三下底界), T_7 (沙四段底), T_{cp} (古生界石炭—二迭系顶部侵蚀面), T_g (古生界奥陶系顶面)12个层位, 成图层位为 T_5^1 , T_5^2 , T_5^3 和 T_7 。我们对断距在15 m以上的断层, 构造幅度20 m以上的构造圈闭都进行了解释和成图。新编红一组顶和红四组顶构造图与40多口钻井分层对比的误差分析统计表明, 新编构造图与实钻井吻合程度较好, 绝对误差在15 m以内, 相对误差不超过0.5%, 说明了本次成图的合理性和可信度。同时将新编的构造图与前人所做的同范围的沙四下红一组顶构造图进行了比较(图9), 两者断裂系统差异较大, 新构造图断



图例 +++ 基底 - - - 推测断层 - · - 推测地层界线

图 7 纯东地区沙四下红层构造解释模式

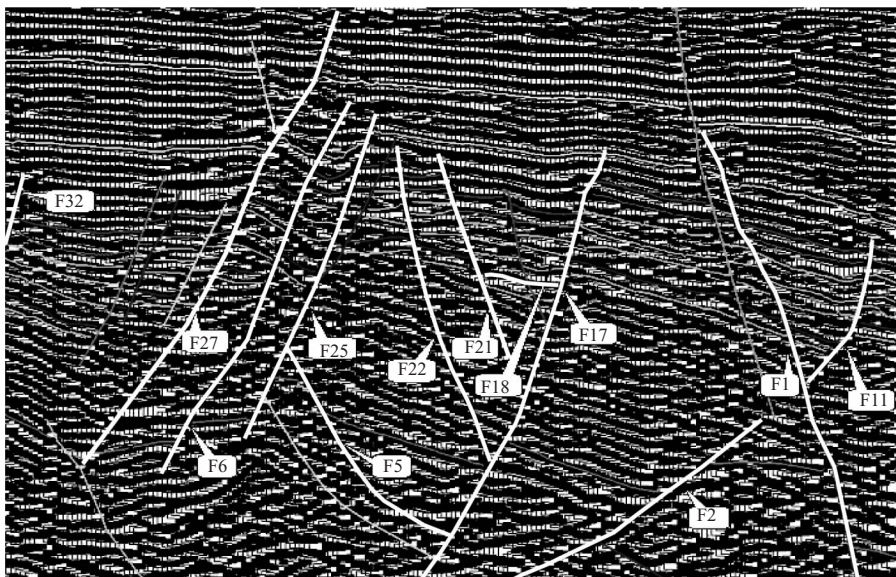


图 8 Inline104 地震解释剖面

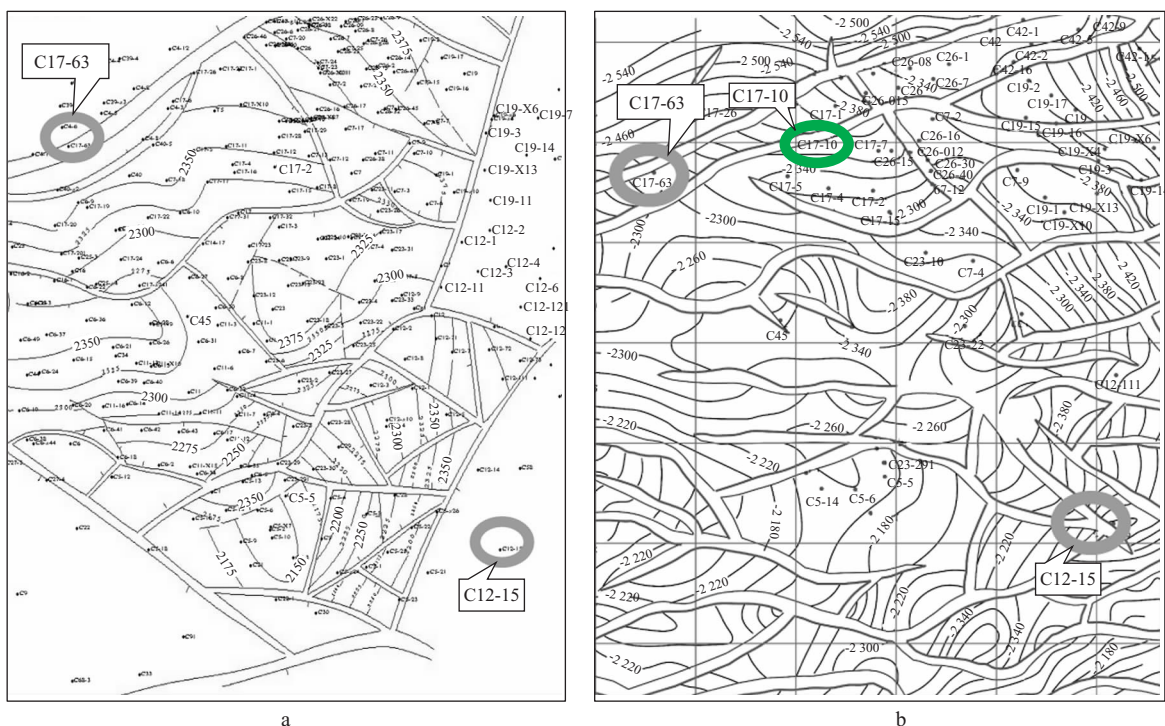


图 9 前人作的构造图(a)与新编构造图(b)的对比

裂发育层次清楚, 主次分明, 系统性好, 断裂分布规律性强, 与区域构造应力结果相匹配。2003 年应用新编构造图部署的 C17-10 井在沙四下红一组获日产 8.3 t 的商业油流(该井在老构造图上圈闭不落实), 扩大含油面积 1.2 km², 新增控制石油地质储量 1.36×10⁶ t。

4 结束语

1) 对于岩性岩相变化大、断裂构造复杂、砂泥岩速度相差不大而造成品质差的地震资料, 必须进行地震资料的特殊处理以改善其品质。本次工作采用小波分频特殊处理技术, 地震资料品质得到一定程度的改善。

2) 在地震资料品质较差地区, 通过区域应力特征分析, 根据上下层位和基底形态, 以及周边品质较好地地震资料类比和推断, 再应用局部应力分析等手段建立相应的构造解释模式, 指导研究区目的层的构造解释, 能够取得更好的解释效果。与区内 40 多口钻井对比, 结果表明解释精度高, 在油田开发中见到成效, 获得了油流。

参 考 文 献

- 1 朱光明, 高静怀. 小波变换及其在一维滤波中的应用[J]. 石油物探, 1993, 32(1): 1~10
- 2 李宗杰, 杨林, 王勤聪. 小波变换在位场数据处理中的应用[J]. 石油物探, 1997, 36(2): 86~93
- 3 王云高, 周夏丽, 于海等. 多目标储层地震分时频处理技术[J]. 勘探地球物理进展, 2004, 27(4): 274~279
- 4 黄捍东. 复杂油气藏储层识别和预测的地球物理方法研究及应用[博士论文][D]. 北京: 中国石油大学, 2003
- 5 蔡希玲, 吕英梅. 地震数据时频分析与分频处理[J]. 勘探地球物理进展, 2005, 28(4): 265~270
- 6 胜利油田石油地质志编写组编. 中国石油地质志——胜利油田(卷 6) [M]. 北京: 石油工业出版社, 1993. 43~56
- 7 张文昭. 中国陆相大油田[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 134~156
- 8 刘洋. CDP 道集地震反射波特征描述及特征提取方法[J]. 石油物探, 2000, 39(1): 10~19
- 9 罗群, 白新平. 断裂控烃理论与实践——断裂活动与油气聚集研究[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1998. 25~33