

Study on Identification of Low-Order Faults and Structure Modeling of Small Fault Block Reservoirs

Fanzhong Kong¹, Zhongmei Shen²

¹Command of Hailar Petroleum Exploration and Development, Daqing Oilfield, Daqing, Heilongjiang

²Daqing Oilfield Exploration and Development Research Institute, Daqing, Heilongjiang

Email: kongfanzhong@petrochina.com.cn, kongfzh@sina.com

Received: Nov. 12th, 2015; accepted: Nov. 26th, 2015; published: Nov. 30th, 2015

Copyright © 2015 by authors 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

Abstract

Taking structure modeling practice as an example of Beier depression small fault block reservoirs, we aim at the problems such as the existing difficult breakpoint combination, short extension distance, small falling which are difficult to find and describe and so on in the low-order faults. By using 3D seismic interpretation technology, petrel and RMS software, we further study the characteristics of small fault block reservoirs of low-order faults, then quantitatively identify and describe the low-order faults, establish its fine structure model, guide the dig of remaining oil in the middle-later period of oilfield development and achieve good results.

Keywords

Small Fault Block Reservoirs, Identification of Low-Order Faults, Breakpoint Combination, Structure Model

小断块油藏低级序断层识别与构造建模研究

孔凡忠¹, 沈忠梅²

¹大庆油田海拉尔石油勘探开发指挥部, 黑龙江 大庆

²大庆油田勘探开发研究院, 黑龙江 大庆

Email: kongfanzhong@petrochina.com.cn, kongfzh@sina.com

收稿日期: 2015年11月12日; 录用日期: 2015年11月26日; 发布日期: 2015年11月30日

摘要

本文以贝尔凹陷小断块油藏构造建模实践为例, 针对低级序断层存在的断点组合困难、延伸距离短和落差小而难以发现和描述等问题, 利用三维地震解释技术、petrel及RMS软件, 对小断块油藏低级序断层特征进行深入研究, 定量识别和描述了低级序断层, 建立了小断块油藏精细构造模型, 指导了油田中后期剩余油挖潜, 且取得了好效果。

关键词

小断块油藏, 低级序断层识别, 断点组合, 构造模型

1. 引言

贝尔凹陷位于海拉尔盆地中央构造带南部, 面积约 800 km², 储层为扇三角洲沉积砂岩、砂砾岩体, 主要含油层系为南屯组油层。断层与油气运聚关系密切, 油气呈阶梯式运移, 断层控制的高点油气富集, 形成贝中、贝 16、贝 301 等小油藏, 但由于受资料限制始终无法确定, 且油藏模型精度较低, 大量低级序断层没有落实, 造成油水井间注采关系情况不明, 部分区块注水效果差, 油井产量低或不产油。针对油田构造复杂、断层多、断点未归位等特点, 我们运用在三维显示和编辑具有优势的 petrel 软件、RMS 软件进行地震与地质测井相结合, 整合多种数据和软件资源, 确定了由点(断点) - 线(地震剖面) - 面(断层发育面) - 体(地震属性体)建立断层模型、搭建断层空间接触关系、建立构造模型的整体思路, 建立了小断块油藏的低级序断层识别方法和构造模型, 对后期油田注水开发的调整具有重要意义。

2. 技术流程及方法

针对低级序断层解释关键技术有高精度三维地震采集处理、三维地震资料精细解释、井间地震、三维可视化、多尺度边缘检测及相干体断层识别等技术[1]-[9]。

贝尔凹陷构造研究应用新处理的叠前深度偏移资料, 采用“剖面定位、平面引导、三维浏览、质量控制”的构造建模技术流程(图 1), 剖面上采用井震结合研究方法[10], 由断点引导小断层解释技术准确落实其空间位置, 平面上应用相干体、蚂蚁体及曲率体等切片确定其平面的走向特征和形态, 运用 Petrel、软件建立断层模型, 在三维空间观察断层模型附近的井的断点, 用开发井钻遇断点来调整断层的位置, 确定断点归属, 组合成断层, 模拟形成初始的断层平面图, 进行断点的筛选。输出断层信息资料, 加入到 RMS 软件中, 建立断层模型、搭建断层空间接触关系, 从而实现复杂小断块油藏构造模型的建立。

3. 断点组合与低级序断层识别

1) 利用三维地震解释技术识别断层

低级序断层是局部构造应力场的产物, 是由一条或多条高级序断层派生形成, 或由岩性不均衡变化差异压实、岩层弯曲变形形成的。

通过贝中油田三维地震剖面双极性变面积显示、不均衡比例显示、AGC 自动增益控制等特殊的剖面显示技术, 水平切片上的同相轴宽窄、斜率、反射波频率和地层倾角的反应变化, 量化处理地震相干属

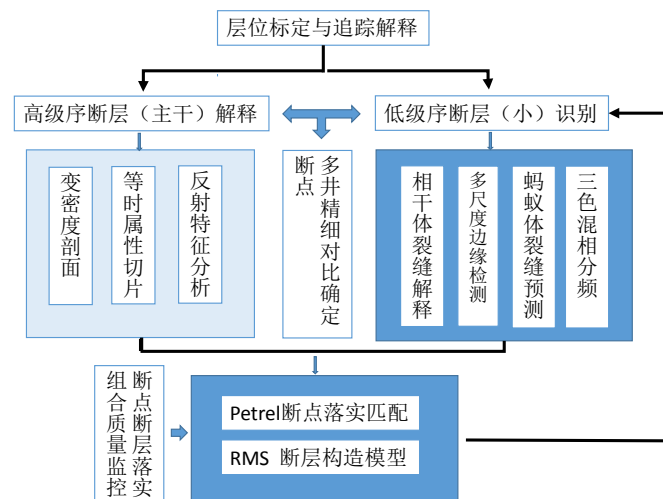


Figure 1. Technology process of modeling fine structure of minor fault block reservoir in Buir sag

图 1. 贝尔凹陷小断块油藏精细构造建模技术流程图

性, 生成可解释的断层和隐蔽地层构造的图像, 突出那些不相干的地震数据, 解释断层、岩性异常体等地质现象, 提高资料的视分辨率, 使贝中油田南屯组油层断裂系统更清晰, 小断层更易识别(表 1)。

2) 开发井与三维地震技术结合, 识别低级序断层

利用 petrel 软件三维显示可编辑功能, 进行井震联合断点识别、组合和归位, 落实低级序断层。

① 多个断点的归属和组合

当地震解释的断层与多个测井解释的断点相吻合时, 断层形态、走向、倾向基本不变, 同地震解释的断层保持一致。采用最小曲率的模拟方法模拟断层, 观察断层的等高线是否均匀分布, 确定断点归属的是否合理, 然后将断层面转换成线, 进行组合。

② 结合地震蚂蚁体信息的综合判断组合

在开发井上解释有断点, 但地震上没有解释出的断层, 这种情况根据断点的断失层位、钻遇深度以及周围地层分层的综合信息, 采用蚂蚁体追踪技术取得的断层信息, 对断点综合判断, 进行组合。

③ 根据地层分层点落差判定断层倾向, 进行断点组合。


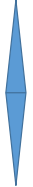
低级序断层大多延伸长度 $< 500\text{ m}$ 和断距 $< 15\text{ m}$, 地震上很难解释出断层, 在贝中油田的西部斜坡上 6 口开发井井钻遇断点, 从地层分层点明显有落差, 呈台阶式分布, 证明存在断层, 依据地层落差, 判断断层的倾向, 断点钻遇的位置进行断点组合, 仅在贝尔凹陷西部 1.4 Km^2 小断块内组合了 21 个断点, 形成了 5 条断层。

4. 小断块油藏构造模型的建立

1) 利用 RMS 软件处理断层空间的接触关系

利用 RMS 软件建立断层模型、搭建断层空间接触关系、建立构造模型, 同时对断点组合、归位数据进行校正和质量监控[11]。构造模型基本参数主要来源于地震、开发井钻井和测井解释的地层分层、构造、断点及储层岩石数据, RMS 软件首先采用高度自动化处理方式完成断层的空间接触。对于复杂断块油藏, 需根据钻遇断点的位置和地层分层落差情况, 利用 Intersections 下编辑 Isectpts 点, 合理确定两条断层截断或相交的位置, 控制断层的截断和相交关系; 对同一条断层在平面上不同部位倾向发生扭变, 如上、下为北东倾向断层, 中间确是北西倾向, RMS 软件按照断层的实际延伸, 自动采取截断, 减少人为干预。

Table 1. Seismic reflection feature and recognition method of faults in Beizhong Oilfield
表 1. 贝中油田断层地震反射特征与识别方法表

断层级序	断距 (m)	高级序断层	低级序断层	地震反射特征	识别方法
1	>50			整个波组的错断	常规剖面、边棱检测、相干体、倾角和方位角
2				断面波形变化一致, 断距有序变化	三维切片、顺层属性、边棱检测、相干体、断层三角网剖分、断距计算
3	50~20			断面波形变化(振幅减弱或增强)、正(逆)牵引现象、产状变化	沿层振幅、边棱检测、三维切片、顺层属性、相干体、三维可视化
4				走向倾角变化、单个同相轴错断	蚂蚁体、相干体、倾角方位角
5	<20			波段而层不断、同相轴挠曲	蚂蚁体、相干体、正演模型识别、测井解释、断点组合
6				弱或无显示	蚂蚁体、多井对比

共完成了贝尔凹陷贝中、贝 16、贝 301 油藏断点组合和断层模型的建立, 组合了 276 个断点, 断点组合率 87.4% (图 2)。

2) 剥蚀地层层面的模拟

根据贝尔凹陷地层层序特征分析, 从地震波形变化和地层接触关系[12], 对于剥蚀的地层从单井的数据准备上入手, 剥蚀区内的单井, 被剥蚀的每一个地层单元, 它的分层数据赋与剥蚀面相同的数据。采用从下到上趋势面的模拟方法, 由于上面的地层受剥蚀面的影响地层不完整, 所以在模拟地层面面的时候以分层数据为硬数据, 趋势面为软数据, 采用最小曲率的模拟方法模拟地层面面, 建立地层面面模型。

3) 建立构造模型

采用平面 20*20 的网格, 建立三个工区的网格框架, 利用最小曲率的模拟方法, 将地层面插入到网格中。建立具有剥蚀面的构造模型时, 首先利用剥蚀面和目的层底界建立剥蚀区的构造框架, 然后再利用个小层地层等厚面约束, 向剥蚀区的构造框架内插入被剥蚀的地层, 建立构造模型。建立了贝尔凹陷不同小断块油藏的构造模型。建模面积 27.84 Km², 共模拟 89 条断层, 82 个层面模型, 网格节点总数 2353*104 个(图 3)。在构造模型中, 油田开发目的层顶面深度误差控制在 2.8 m/Km 内, 断点组合率 87.4%, 断层界面上不存在三角网格及网格负体积, 断层特征符合油田开发实际反映。

5. 应用效果分析

贝尔凹陷整体上呈东深西浅不对称双断结构, 东西两侧受高级序断层控制, 东部边界断裂最大断距达 1250 m, 西部边界断裂最大断距 1400 m。贝中、贝 16、贝 301 等小断块油藏分布在东南、西北的不同隆起斜坡上, 高级序断裂(I、II 级)既控制生油洼槽又控制沉积砂体的展布, 断块构造控制油气富集, 小断块油藏受断层分带性的影响, 低级序断层也具有分带的特征, 走向以北北东向为主, 断层平面组合具有斜列状、雁行状排列的特征, 主断层与次生小断层切割使构造复杂化油藏内部剩余油分布, 依据断层及构造解释变化、逐步完善注采关系、挖潜未动用储量, 针对由于新解释小断层变化, 砂体窄小导致的注采关系不完善井区, 及时采取油井转注, 完善注采关系及外扩补充井位, 补钻 9 口井, 建成产能 4.52 万吨, 转注 17 口, 水驱控制程度增加 20.6%, 可采储量增加 18.23 万吨。

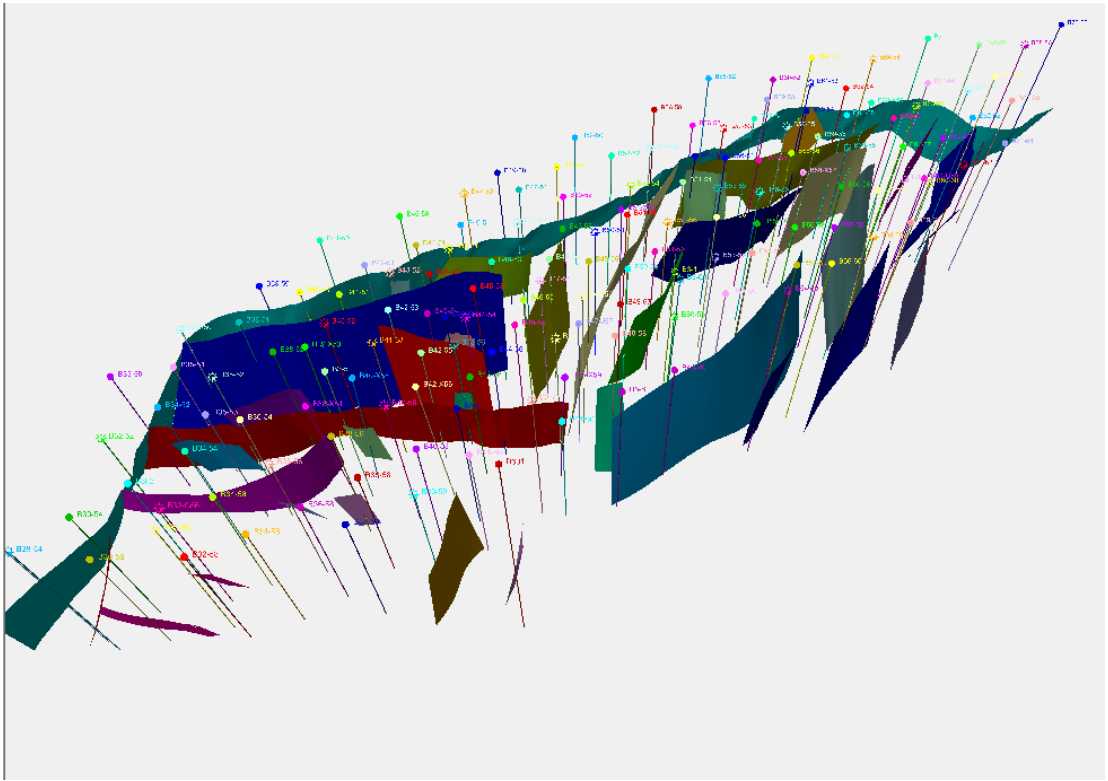


Figure 2. Fault model of Bei 301
图 2. 贝 301 断层模型

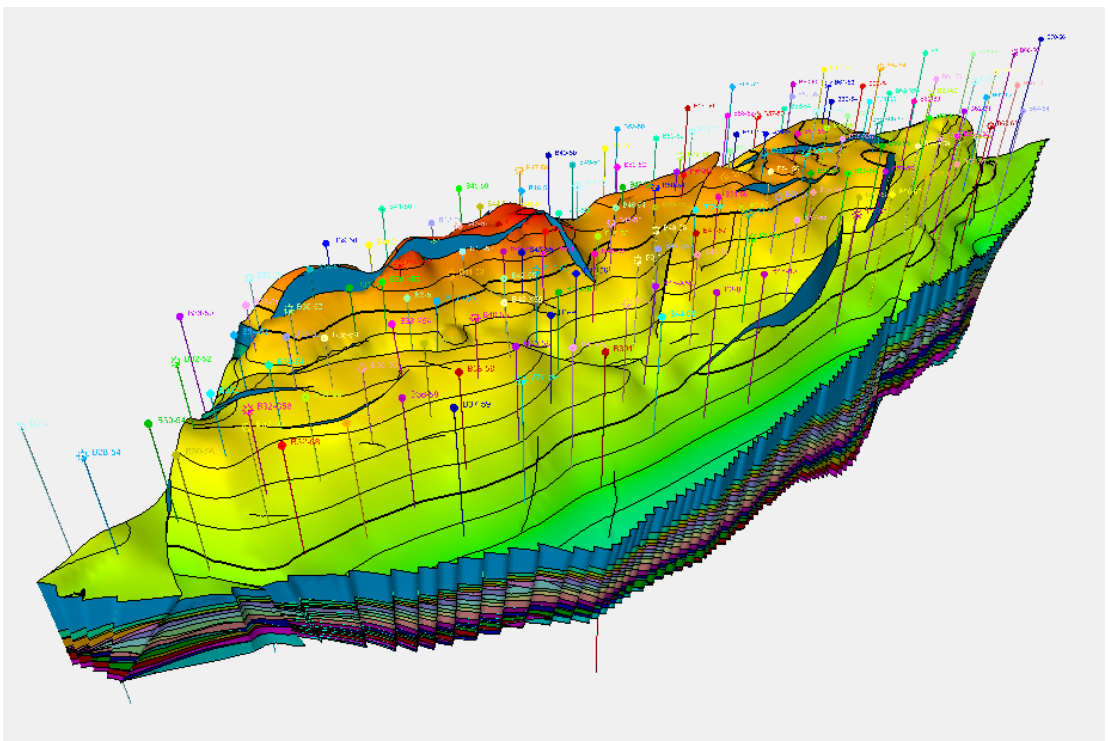


Figure 3. Reservoir structural model of Bei 301
图 3. 贝 301 油藏构造模型

6. 结论

针对贝尔凹陷小断块油藏特点, 及低级序断层存在的断点组合困难、延伸距离短和落差小而难以发现和描述等问题, 我们利用三维地震解释技术、petrel 及 RMS 软件相互补充, 建立了复杂断块油藏三维地质模型, 指导了贝 301、贝尔、乌东等开发区块的加密、外扩等注采系统调整, 可以为后续区块加密与注采系统调整以及未动用储量区开发提供依据。

参考文献 (References)

- [1] 李阳, 刘建民. 油藏开发地质学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2007: 12-13.
- [2] 韩喜, 余钦范. 子体相干技术在地震解释的应用[J]. 地球物理学进展, 2007, 30(1): 47-51.
- [3] 房宝才, 王长生, 刘卿, 等. 微小断层识别及其对窄薄砂体油田开发的影响[J]. 大庆石油地质与开发, 2003, 22(6): 24-25.
- [4] 李延峰, 王延涛, 朱玉宝, 等. 叠前深度偏移层析反演速度模型建立及应用[J]. 大庆石油地质与开发, 2013, 32(1): 155-157.
- [5] 刘丽峰, 杨怀义, 等. 三维精细构造解释的方法流程和关键技术[J]. 地球物理学进展, 2006, 21(3): 864-871.
- [6] 郁飞. 复杂断块油藏精细构造解释和应用效果[J]. 江汉石油职工大学学报, 2004, 17(6): 16-17.
- [7] 孙建, 季岭, 王庆魁, 等. 断棱刻画在沈家铺油田油藏描述中的应用[J]. 断块油气田, 2014, 21(5): 619-622.
- [8] 陈军, 李东亮, 侯斌. 弱地震反射层的断层定位方法[J]. 中国矿业, 2013, 22(4): 123-125.
- [9] 向树安, 郁飞, 刘群星. 潜江凹陷复杂断块油藏构造精细描述技术[J]. 断块油气田, 2006, 13(3): 10-12.
- [10] 王秀娟, 侯加根, 刘雅利, 等. 断块油藏精细构造研究[J]. 断块油气田, 2003, 10(6): 46-48.
- [11] 安聪荣, 刘展, 李曼. 地层建模中钻井与地质平面数据间偏差检测及修正[J]. 岩土力学, 2011, 32(9): 2834-2838.
- [12] 吴因业, 张志杰, 张琴, 等译. 层序地层学原理与方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993.