

复杂断块油田断层封闭性判别

——以大港油田X断块为例

史长林¹, 纪友亮¹, 陈 斌², 张凤红²

(1. 中国石油大学资源与信息学院, 北京 102249; 2. 中国石油大港油田勘探开发研究院, 天津 300280)

摘要:在复杂断块油田, 断层封闭性的研究对于确定油气藏的分布和注采井网综合调整都有着极为重要的意义。以大港油田X断块为例, 提出了应用断层附近地层压力的连续性和模拟油井含水率曲线方法研究复杂断块油田断层封闭性。首先利用地震资料, 基于模型反演提取地层速度来计算地层压力, 如果断层两侧地层压力是连续的, 则认为该断层是不封闭的, 断层两侧压力不连续, 则判断断层是封闭性的。其次是应用数值模拟对断层的封闭性进行识别, 给定控制条件(断层封闭性)模拟油井的含水率变化曲线, 进行模拟曲线与实际曲线拟合, 根据2条曲线的拟合程度判别断层的封堵性。

关键词:复杂断块; 断层封闭; 压力预测; 数值模拟

中图分类号: TE132.1⁺4

文献标识码: A

文章编号: 1672-1926(2009)01-0143-05

断层封闭性判断不仅对油气成藏有重要意义, 而且对复杂断块油田开发非常重要。目前断层封闭性研究的方法可以分为4类: 第一类是断层分析法, 包括岩性配置识别法^[1-2]、断层岩性叠置断面图法^[3]、断面物质涂抹法^[4-5]和断层的封堵系数^[4]等方法; 第二类是地球物理方法, 包括声波时差法^[6]、地震速度谱识别法^[7]; 第三类是地球化学方法; 第四类是油藏工程法^[8]。窦松江等^[9]对大港油田断层的封堵性进行研究, 总结了大港油田断层封闭类型, 并提出了应用动态、油藏工程、数值模拟和动态资料相结合的方法研究断层的封闭性。在油田生产实际中, 容易得到的资料是地震资料和数值模拟相关资料, 因此利用这2种方法判别断层的封闭性是非常实用的。

1 大港油田X断块断层基本特征

大港油田X断块面积0.3 km², 地层倾角7°, 油藏埋藏深度1 900 m, 闭合高度150 m, 构造的主要特点之一是断层多, 在构造发育及演化过程中, 经历了多次构造运动, 产生了很多断层, 根据各断层的发育历史、断层产状、延伸长度、断距以及对油气成藏

的控制作用大小等, 将研究区的断层分为三级和四级, 以枣V油层顶构造为例, 在X断块内有3、4、5、6、7、F3、F4、F5、F6、F7等号断层(图1)。北东走向的断层包括3号、5号、6号、F4号、F5号断层, 北西走向的断层包括4号、F3号断层。东西走向的断层包括F6号、F7号断层, 南北走向的断层包括7号断层, 将该断块进一步细分为9个较小的断块, 在其断块内构造较为平缓。

三级断层断距相对较大, 延伸相对较长, 由于活动期为中生界至馆陶组, 它对枣南枣V油组油藏控制作用明显。四级断层是发育最多的一组断裂, 主要作用是控制局部流体分布与油气富集, 是划分开发单元的重要依据。它的特点是断层规模小、断距小、断面较陡、一般活动期较短, 控制小断块的流体分布和油气富集, 使构造和油水关系、油层连通程度进一步复杂化, 影响开发效果。

2 断层封闭性判别

X断块为一四周被断层遮挡的构造油气藏, 由于部分注水井在断层边缘, 其断层密封性的好坏将直接影响开发水平。据统计, 其周围5条断层均不密封,

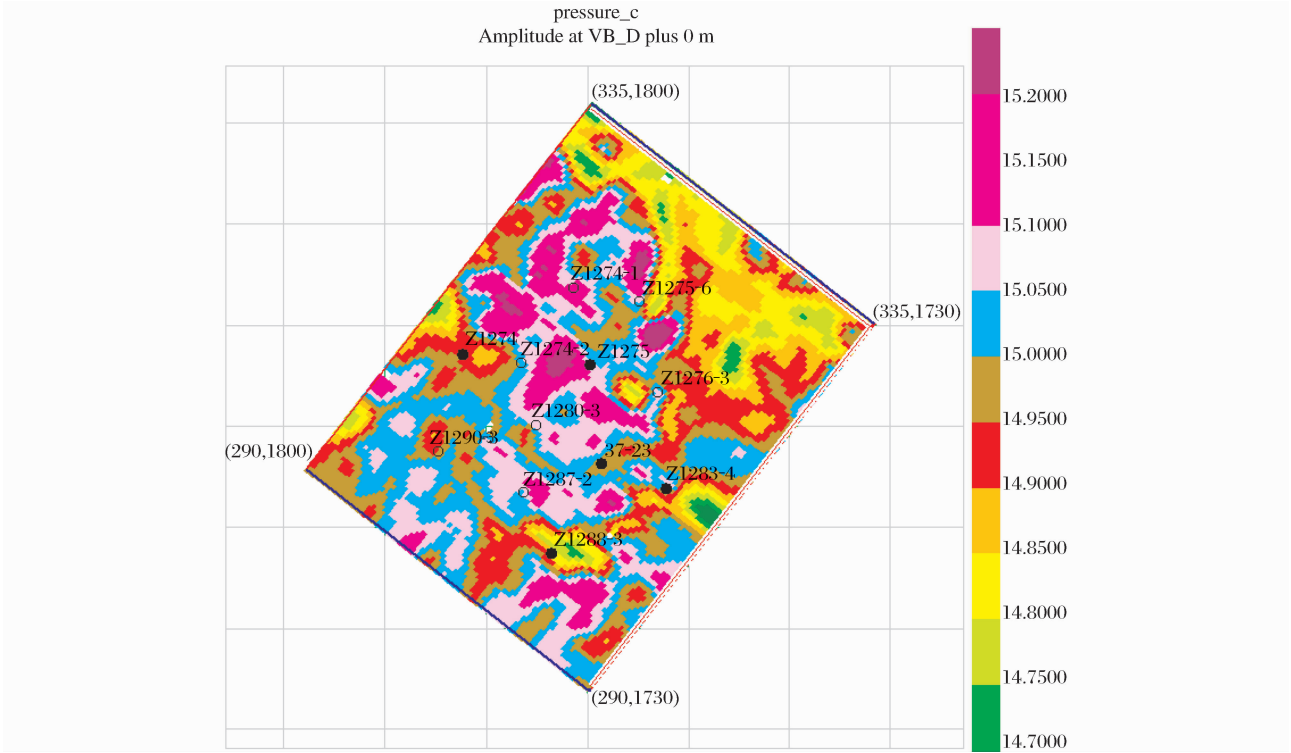


图 2 V8 层预测原始地层压力切片

北部地层压力较为连续,判断 F7 号断层没有起到封闭作用,初步判断为开启的。Z1290-3 井东南位置为 3 号断层,地层压力较连续,初步判断 3 号断层封闭性差。Z1288-3 井东面高压地层位于 F4 号断层附近,地层压力较连续;F37-23 井高压地层位于 F6 断层附近,东侧压力变化不连续,断层封闭性较好。

总的来说,在预测的初始地层压力剖面上,大部分断层都出现了地层高压现象。初步判断 4 号、7 号、F5 号、F6 号断层东部封闭性较好,3 号、5 号、6 号、F3 号、F4 号、F6 西部、F7 号断层封闭性差。

2.2 油藏数值模拟断层封闭性研究

在进行油藏数值模拟过程中,我们用关键字 Faults 对断层进行了定义图 3、图 4。图 3 是表示断层在网格数据中的显示,图 4 表示断层在数据中定义网格位置。

在建立油藏数值模型中,对断层的传导率进行定义。断层传导率的取值范围为 0~1,当取 0 时为封闭的,取 1 时断层是不封闭的。通过设定不同的传导率做为油井含水率数值模拟的控制条件,模拟出含水率(WWCT)曲线与实际含水率(WWCTH)曲线拟合,如果相关性较好,说明给定的控制条件正确,如果相关性差,说明控制条件不正确,以此来判

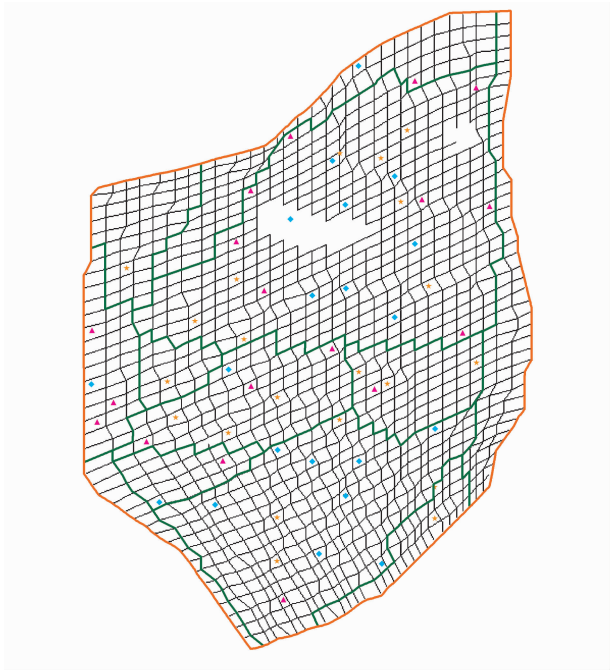


图 3 油藏数值模拟网格示意

断断层的封闭性。以 F6 号断层为例,Z1281-1 井位于 F6 号东侧附近,在控制条件传导率为 0(断层封闭)时拟合情况好,说明断层是封闭的,Z1281-4 井位于 F6 号断层西侧传导率为 1(断层不封闭)时拟合情况较好,说明 F6 号断层西侧不封闭。因此判断 F6 号断层

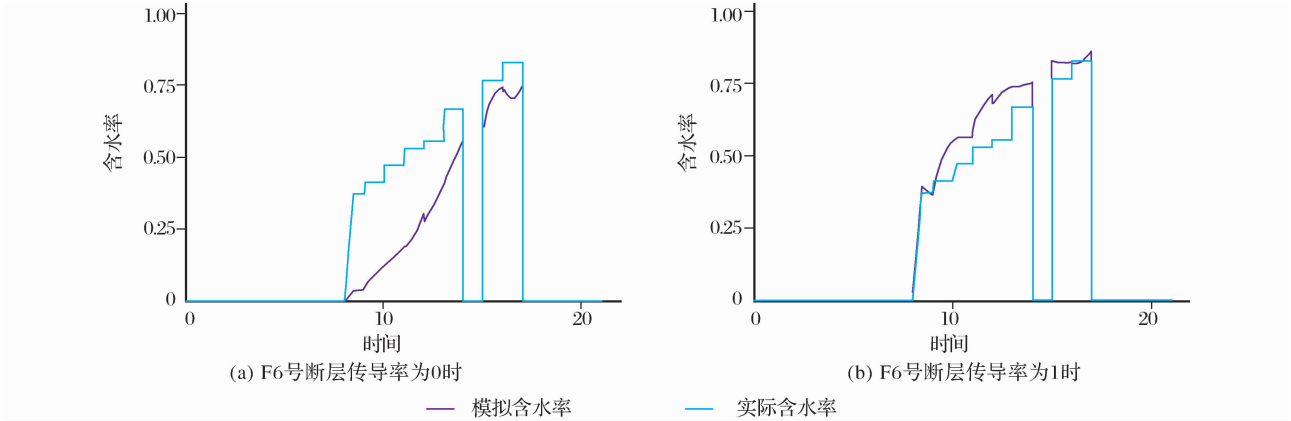


图 6 Z1281-4 井含水率拟合

3 结论

(1) 要用地震预测地层压力判别断层封闭性, 必须依赖于地层压力预测。采用 Fillippone 的压力计算方法在许多油田的应用效果较好, 其特点是: 它可以计算出从浅到深各个层速度点的压力值, 不依赖正常压实趋势线, 计算精度除与公式中各参量的取值有关外, 还取决于研究区的实际情况与相应经验关系的符合程度。

(2) 含水率历史拟合是判别断层封闭性的有效方法。这种方法基本上是一个证实模型的反复调整过程, 需要在熟练掌握油藏工程机理的基础上, 了解油藏开发地质和生产动态特征, 确定合理的控制条件, 建立有效的预测模型。

(3) 需要注意的是断层封堵性随着油田开发过程会发生变化。本文提到的 4 号断层, 随着油田注水开发, 其封堵性由好变差, 可能是由于注水压力过高, 使断层活化, 破坏了断层的封闭性。

参考文献:

[1] 张吉, 张烈辉, 杨辉廷, 等. 断层封闭机理及其封闭性识别方法

[J]. 河南石油, 2003, 17(3): 15-18.
[2] 于俊峰, 夏斌, 王冉. 济阳拗陷 639 剖面主干断层轨迹的恢复 [J]. 天然气地球科学, 2006, 17(1): 69-72.
[3] 刘志宏, 林东成, 王文革, 等. 塔里木盆地吐木休克断裂带的研究 [J]. 长春科技大学学报, 2001, 31(3): 219-223.
[4] 王来斌, 徐怀民. 断层封闭性研究进展 [J]. 新疆石油学院学报, 2003, 15(1): 22-25.
[5] 付广, 孟庆芬. 断层封闭性影响因素的理论分析 [J]. 天然气地球科学, 2002, 13(3-4): 40-44.
[6] 刘伟, 窦齐丰, 王韶华. 断层封闭性综合分析方法 [J]. 新疆石油地质, 2003, 24(4): 289-291.
[7] 付广, 薛永超, 杨勉. 利用地震资料判断断层封闭性的方法探讨 [J]. 石油物探, 2000, 39(1): 70-76.
[8] Dou Songjiang. The Study and Application of Fault-sealing in Fault-block Development [C]. 19th World Petroleum Congress, 2008: 37-38.
[9] 窦松江, 于兴河. 断层封闭性在复杂断块油田开发中的研究与应用 [J]. 现代地质, 2003, 17(增): 167-170.
[10] 云美厚. 地震地层压力预测 [J]. 石油地球物理勘探, 1996, 31(4): 575-586.
[11] 奇林格 G V, 谢列布里亚科夫 V A, 罗伯逊 S J O. 异常地层压力成因与预测 [M]. 赵文智, 柳广弟, 苗继军, 等译. 北京: 石油工业出版社, 2004: 131.

Diagnostic Method of Fault Sealing in Complex Block Faulted Oilfield: A Case from X Block, Dagang Oilfield

SHI Chang-lin¹, JI You-liang¹, CHEN bin², ZHANG Feng-hong²
(1. School of Natural Resources & Information Technology, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;
2. Exploration & Development Research Institute, Dagang Oilfield, Tianjin 300280, China)

Abstract: Fault Sealing is very important for both hydrocarbon accumulation and injection-production well arrangement. The diagnostic method of fault sealing for the complex block flauted oil field in Dagang is presented in this paper. Two methods are used in this example. First, In order to calculate the pressure on either side of the fault, its interval velocity is extracted based on the model inversion from seismic data, and the fault sealing is determined according to the pressure continuance in that formation. Second, numerical simulation is applied to analyze the fault sealing. On the controlled conditions (Fault Sealing), WWCT is simulated, and then to fit with WWCTH in the production well. The degree of fitting is used to determine fault sealing.

Key words: Complex faulted block; Fault sealing; Pressure prediction; Numerical simulation.