

断块油藏开发后期断层识别方法

丁娜

(中国石化江苏油田分公司勘探开发研究院,江苏扬州225009)

摘要:苏北盆地高邮凹陷马家嘴油田马8断块已处于开发后期。基于全区30余口开发井资料,细化研究单元至单层级别并完成精细地层对比;综合利用地质、地震、测井和动态资料,落实了各断点位置及断点组合,识别了隐蔽性断层,并在三维空间内调整断面形态,重新梳理了研究区断层格局。根据断层新认识部署的侧钻井取得了良好效果。

关键词:断层识别 隐蔽性断层 马家嘴油田 高邮凹陷

中图分类号:TE321 **文献标志码:**A

Identification method of faults for fault – block reservoirs in later stage of development

DING Na

(Exploration and Development Research Institute of Jiangsu Oilfield Company, SINOPEC, Yangzhou 225009, China)

Abstract: M8 fault – block has been in late development stage, which is located in Majiazui Oilfield of Gaoyou Sag, Subei Basin. According to information of more than 30 development wells, the micro – layer division and the fine stratigraphic correlation were accomplished in the area. Based on geological, seismic, well logging, and dynamic data, the position and combination of fault points were confirmed, and the concealed faults were identified. Thus, the shape of fault section in 3D space was adjusted. And then the fault pattern in the study area was reanalyzed. The good result was obtained in the new deployed sidetracking well according to the new understanding of faults.

Key words: fault identification; concealed faults; Majiazui Oilfield; Gaoyou Sag

断层识别的传统方法是在二维地震剖面上将同相轴不连续点连接成断层线。在此基础上,人们通常辅以多种物探手段,例如相干体分析、方差分析、边缘检测^[1-2]、叠后目标处理、正演模型分析^[3]和全三维解释^[4]等方法提高断层识别的准确性和可靠性。上述手段在断层识别中发挥了巨大作用,但它们都是基于地震资料展开的,因此,其断层识别效果往往受到地震资料品质、算法可靠性以及参数设置误差等因素的影响。

在油田开发生产中,充足的资料数据和相对深入的地质认识,可使人们在地质、物探和油藏工程等多学科综合分析的基础上,通过对开发矛盾的分析提高断层识别精度^[5]。此外,对处于开发后期的油田而言,仅靠地震资料识别出的断层往往难以满足生产需求^[6-7]。

苏北盆地高邮凹陷马家嘴油田马8断块于

1986年投入开发。该块油气资源丰富,且储层埋深较浅,但已处于开发后期,存在大部分井高含水、井间优势渗流通道明显等问题。前人对马8断块的断层研究主要集中在相干体切片技术及属性提取技术等方面^[8],尚未结合生产现状对该块开展系统分析,因此,该断块的油气开发仍有较大提升空间。为进一步提高采收率,本次研究综合利用地质、地震、测井和动态分析等资料,重新梳理了马8断块断层格局,取得了较好的开发效果。

1 概况

高邮凹陷位于苏北盆地南部,东起吴堡低凸起,

收稿日期:2018-04-26;改回日期:2018-07-31。

作者简介:丁娜(1991—),女,助理工程师,现从事油气田开发研究工作。E-mail:dingn.jst@sinpec.com。

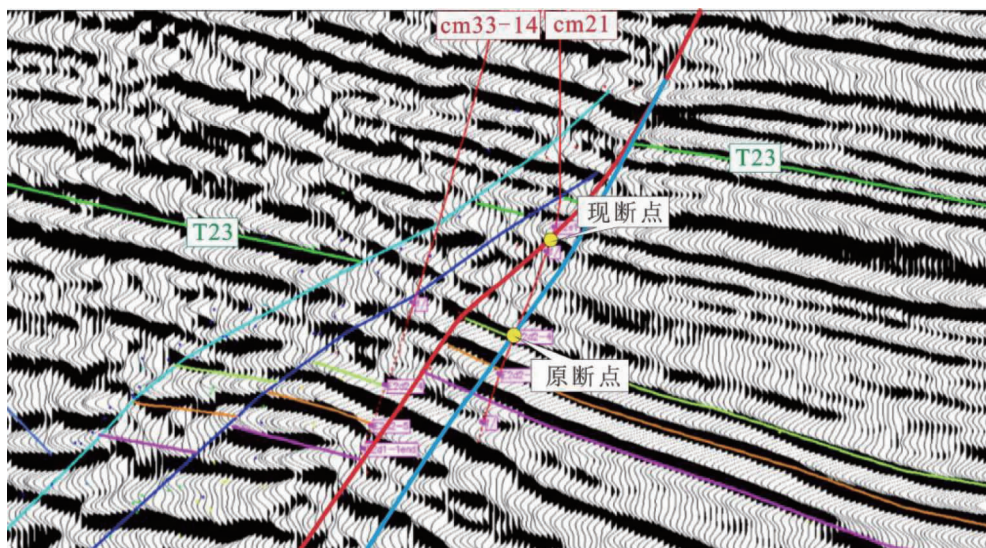


图3 苏北盆地高邮凹陷马8断块边界断层东段调整方案(剖面位置参见图2)

2.1.2 细分地层,识别辅助标志层,指导小断层解释

测井资料的分辨率远高于地震资料,因此在精细地层对比与准确时深标定的基础上,可借助测井断点位置指导地震断层解释。本次研究结合前人在马8地区戴南组(E_2d)的地层划分方案,对全区30余口开发井进行了重新对比。根据沉积旋回、砂泥岩发育规律和各类测井曲线特征,明确了马8断块内存在诸如 $E_2d_2^4$ 顶部发育的正旋回、 $E_2d_2^5$ 中部GR值存在突变等特征(见图4),并识别出相应辅助

标志层。最终将 $E_2d_2^4$ 、 $E_2d_2^5$ 、 $E_1d_1^1$ 亚段各划分为8个单层,将 $E_2d_1^2$ 划分为3个单层,共计27个单层。在上述分层约束下,明确了研究区 $E_2d_2^{5-3}$ 、 $E_2d_2^{1-4}$ 、 $E_2d_1^{1-5}$ 、 $E_2d_1^{2-1}$ 和 $E_2d_1^{2-2}$ 等5个单层的砂体横向相对稳定,而其余层段连续性较差,并在此基础上重新分析了各井断点位置,从而指导地震解释。通过上述方法,本次研究在马8块中部新增一条近北东—南西向的断层,断距约50 m(见图2)。该条断层将马8块分为南北两个小块(下文将介绍),该条断层亦得到了生产动态资料的验证。

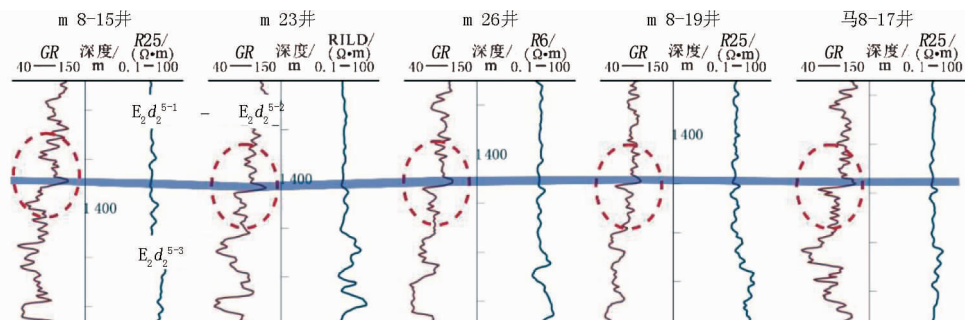


图4 苏北盆地高邮凹陷马8断块 $E_2d_2^5$ 亚段中部辅助标志层(剖面位置参见图2)

2.2 利用动静态矛盾落实隐蔽性断层

随着开发井的增多,地质认识不断深入,而地层对比矛盾也会逐渐显现,利用相邻开发井的反复对比来发现矛盾是开发后期寻找潜力的方法之一。本次研究通过该方法发现了原先构造解释中的一些问题,例如在m8p1井的水平段中(水平段向南钻至马8块边界断层附近,见图2),原先解释的断层并不存在;cm8-7井 $E_2d_1^1$ 顶部缺失部分高导标志层,应当加开断层,等等(见图2)。在上述认识的指导下,马8断块主控断层的西段应向北内收,东段应向

南外推(见图2)。

此外,开发后期充足的动态资料也可帮助识别隐蔽断层。隐蔽性断层是指通过常规地震解释难以识别,或通过地层对比难以明确的断层^[12]。本次研究从油水矛盾和生产动态特征等方面开展了分析。例如m8-18井的 $E_2d_1^{1-5}$ 单层为水层,但深度浅于m17-1井的相应油层段,油水矛盾的存在表明有隐蔽断层存在的可能(见图2);再比如距离较近的m13-4井、m16井和m17井3口井(见图2),仅凭地震资料很难开出断层。但通过动态资料分析,发

现 m16 井注水时 m17 井日产液量明显上升;而 m16 井和 m17 井的转注对 m13-4 井的生产却没有影响

(见图 5),因此认为 m13-4 井东部应存在隐蔽断层(见图 2)。

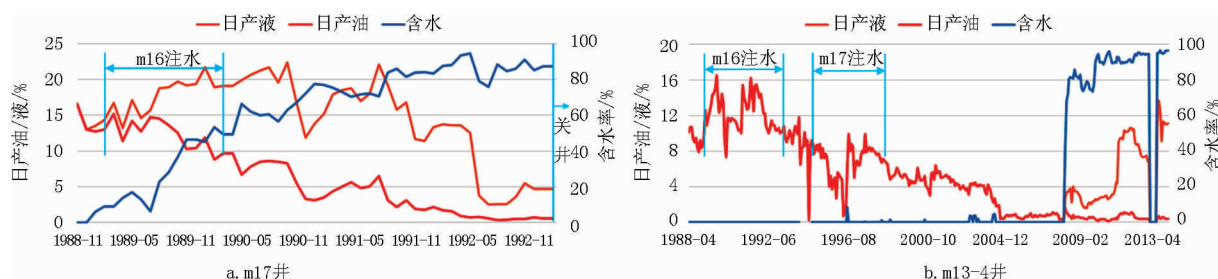


图 5 苏北盆地高邮凹陷马 8 断块单井生产曲线

2.3 全三维解释方法优化断点位置

传统的断层识别方法多依赖一维(井)和二维(地震剖面)手段开展。马 8 断块受其复杂的构造特征和井震资料品质等客观条件约束,仅依靠上述手段难以精确刻画断层。针对这一问题,本次研究利用 Petrel 软件实现了三维空间可视化构造解释(见图 6)。

通过将井上断点投影至三维空间,除了可以有效调整原先不合理的断点组合方案,还能通过微调部分井中的断点位置(研究区部分层段旋回特征不典型,测井对比难以精确定位断点位置)使断面形态更加平滑。通过上述方法,本次研究共在 m21 等 8 口井中新开了断层,并调整了 m21 等 12 口井的断点位置。

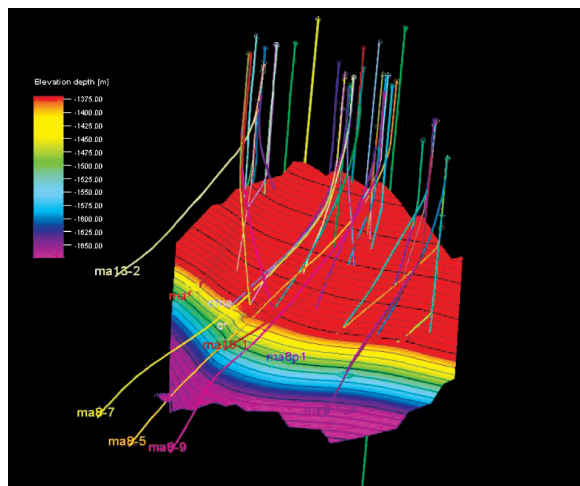


图 6 苏北盆地高邮凹陷马 8 断块边界断层三维模型

3 马 8 块断层新认识及应用效果

3.1 断层调整方案

本次研究通过以上 5 种方法手段,重新梳理了马 8 断块构造格局:整体而言马 8 断块的边界断层西部应向北内收,东部应当向南外推;同时马 8 断块

中间应增加一条北东—南西走向的隐蔽性断层(见图 2);此外,马 8 断块内部还可能发育其他小型隐蔽断层。新的构造认识向南扩大了马 8 断块面积,并且解释了马 8 断块南北地区的开发特征差异(南部较北部含水上升更快),同时指明了下步挖潜方向。

3.2 断层识别方法应用效果

马 8 断块生产时间较长,现有采油井及注水井十余口,综合含水 84%,标定采收率 38.4%,截至 2017 年 9 月,采出程度为 31.6%,仍有提高空间。剩余油的形成受储层的非均质性、注采井网和生产管理等因素控制,而构造新认识也可带来新的潜力方向。

本次研究通过重新刻画马 8 断块边界断层形态,扩大了断块南部圈闭面积;同时由于马 8 断块主力层系砂体发育且连续性较好,普遍具有单井累产较高的特征,因此认为本区南部应当存在剩余油富集区,由此设计实施的 cm8-17 井获得成功,初期日产油 4 t/d,证实了断层外推的正确性。

此外,通过隐蔽性断层的识别,结合注采井网现状,研究认为马 8 断块内部仍然存在挖潜空间。例如马 8 块中部隐蔽性小断层的上、下盘均可能存在未受注水波及的区域(断层上升盘 m13-4 井以南,下降盘 m16、m17 井以北,等等,见图 2),应当是剩余油富集区。

4 结论

(1)对于开发后期的老油田,随着资料的不断丰富,需要不断深化构造认识,提高开发效果。通过老井复查,充分利用静态和动态资料发现矛盾,以问题为导向,建立更加合理的构造解释方案,是挖潜调整的有效手段。

(下转第 64 页)

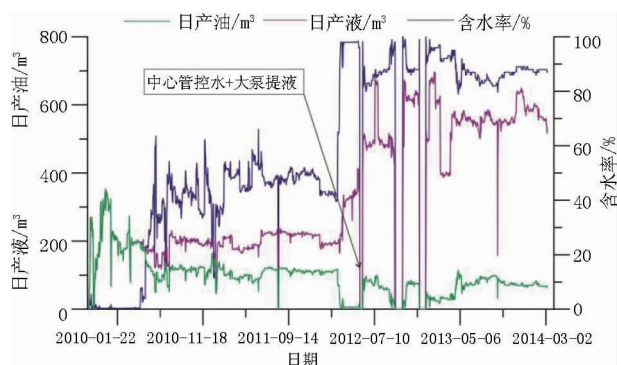


图7 A井实施效果

3 结论

(1)地质、油藏、工艺等多方面结合,形成了边底水油田高含水水平井综合治理技术,包括水平井水淹规律及见水特征研究和中心管控水辅助提液技术研究,为水平井高含水期稳油控水探索出一条新的技术思路。

(2)边底水油田高含水水平井综合治理技术在L油田取得了很好的应用效果,实现了降水增油,改善了开发效果。

参考文献:

- [1] 杨青松,刘露,马震,等. 底水油藏水平井中心管完井数值模拟及参数优化研究[J]. 石油天然气学报,2014,36(5):110-115.
- [2] 王新华. 水平井筒油水两相流压降计算方法研究[D]. 西南石油大学,2006.
- [3] Brekke K, Lien S C. New and simple completion methods for hori-

zontal wells improve the production performance in high-permeability, thin oil zones[J]. SPE Drilling & Completion, 1994, 9(3):205-209.

- [4] Permadi P, Wibowo W, Alamsyah Y, et al. Horizontal well completion with stinger for reducing water coning problems[J]. Oil Well, 1997.
- [5] Sinha S, Kumar R, Vega L, et al. Flow equilibration towards horizontal wells using downhole valves[C]. Society of Petroleum Engineers, 2001.
- [6] Jansen J D, Wagenvoort A M, Droppert V S, et al. Smart well solutions for thin oil rims: inflow switching and the smart stinger completion[C]. Society of Petroleum Engineers, 2002.
- [7] 熊友明,刘理明,唐海雄,等. 延缓和控制水平井底水脊进的均衡排液完井技术[J]. 石油钻探技术,2011,39(4):66-71.
- [8] 刘均荣,姚军. 改善水平生产井段流入剖面的尾管优化方法[J]. 中国石油大学学报(自然科学版),2008,32(3):89-92.
- [9] 张舒琴,李海涛,杨时杰,等. 水平井中心管完井流入和压力剖面预测[J]. 钻采工艺,2009,32(6):43-45.
- [10] 张舒琴,李海涛,韩歧清,等. 中心管采油设计方法及应用[J]. 石油钻采工艺,2010,32(2):62-64.
- [11] 高晓飞,罗东红,闫正和,等. 一种减缓底水锥进的新方法——中心管技术及其在西江23-1油田水平井开发中的应用[J]. 中国海上油气,2010,22(2):114-118.
- [12] 王俊奇,周学青,张祖峰. 水平井中心管采油技术研究与应[J]. 大庆石油地质与开发,2011,30(1):115-117.
- [13] 韩歧清,刘琳,郭世彬,等. 水平井中心管采油技术先导性试验及效果评价[J]. 断块油气田,2010,17(6):663-665.
- [14] 宁玉萍,陈维华. 底水油藏水平井中心管、ICD完井工艺技术[J]. 中外能源,2014,19(2):40-43.

(编辑 谢葵)

(上接第45页)

(2)本次研究通过动静结合、三维可视化解释等多种手段,落实了断点位置,重塑断点组合并识别了隐蔽性断层。该方法在分析马8断块这种构造复杂且处于开发后期(资料充足)的油藏效果显著,可在其他开发区块推广。

参考文献:

- [1] 叶涛,陈雷,徐刚. 基于蚁群算法的地震断层识别方法[J]. 高技术通讯,2018,28(1):29-38.
- [2] 刘德生,冯小东,马庆林,等. 断层识别技术在福山凹陷朝阳地区的应用[J]. 石油地球物理勘探,2017,52(增刊1):156-161.
- [3] 刘彦,孟小红,胡金民,等. 断层识别技术及其在MB油气田的应用[J]. 地球物理学进展,2008,23(2):515-520.
- [4] 欧亚平,郑小玲,李天明,等. 全三维地震解释技术应用的新进展[J]. 天然气工业,2007,27(增刊A):237-239.
- [5] 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):24-26.

- [6] 张昕,甘利灯,刘文岭,等. 密井网条件下井震联合低级序断层识别方法[J]. 石油地球物理勘探,2012,47(3):462-468.
- [7] 王学军,魏小东,王兆峰,等. 油藏动态资料在小断层地震识别及评价中的应用[J]. 石油地球物理勘探,2012,47(5):781-785.
- [8] 凡友先. 马家嘴地区断层识别技术研究[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报),2008,30(2):456-465.
- [9] 刘金华,吴立峰,吴艳梅. 高邮凹陷黄珏—马家嘴地区古近系戴南组透镜状砂体成因分析[J]. 天然气地球科学,2015,26(2):261-267.
- [10] 周健,林春明,张霞,等. 江苏高邮凹陷古近系戴南组一段物源体系和沉积相[J]. 古地理学报,2011,13(2):163-165.
- [11] 马英俊,李储华,李维. 高邮凹陷垛一段沉积演化特征[J]. 复杂油气藏,2017,10(2):3-5.
- [12] 吴向阳,夏连军,陈晶. 苏北盆地高邮凹陷构造再认识及对油气勘探的意义[J]. 石油实验地质,2009,31(6):570-575.

(编辑 谢葵)