

韦 8 断块优势流场识别与调整实践

高 峰

(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:准确识别优势流场是流场调整的关键。在流场的定量研究中,平均概念无法体现差异性,综合概念无法体现方向性,而运用油藏工程方法定量表征油藏流场的瞬时量和累积量,可以准确识别优势流场。从流场的成因分析入手,根据研究区块的油藏特征及理论模型分析,确定优势流场的主控因素,再优选流场识别的技术方法,采用模糊定性分析、动态流线分析和油藏流场表征等技术,定量分析韦 8 断块的优势流场,准确识别各砂体油水井间的流场分布特征,为油藏流场调整、有效挖潜井间剩余油提供了依据。

关键词:储层非均质性 油水粘度比 优势流场 流场强度 定量表征

中图分类号:TE122

文献标识码:A

Identification and adjustment practice of dominant flow field in W8 fault block

GAO Feng

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

Abstract: Accurate identification of dominant flow field is the key to adjustment of flow field. In the quantitative study of the flow field, the average concept fails to reflect difference, and the comprehensive concept can not reflect directivity. The instantaneous and accumulative amounts of reservoir flow field were quantitatively characterized by the reservoir engineering method. So the dominant flow field is accurately identified. Starting from the cause analysis of the flow field, the main control factors of the dominant flow field were determined according to the analysis of reservoir characteristics and theoretical model. And then the identification technology of the flow field was optimized. Using the fuzzy qualitative analysis, the dynamic streamline analysis and the characterization technology for reservoir flow field, the dominant flow field of W8 fault block was quantitatively analyzed. Finally, it was accurately identified the distribution characteristics of flow field between oil and water wells of each sand body. This provides technical references for the adjustment of reservoir flow field and effectively tapping the potential of interwell remaining oil.

Key words: reservoir heterogeneity; viscosity ratio of oil and water; dominant flow field; flow field strength; qualitative characterization

长期注水开发油藏受储层非均质性及油水粘度比的影响,部分井区水线推进不均,优势流场区域油井水淹严重,导致注入水无效循环^[1-2]。韦 8 断块为低渗透、普通稠油油藏,压裂裂缝方向性明显,油水粘度比较高,注水开发后水驱指进现象严重,形成优势流场。

受优势流场的影响,目前韦 8 断块水驱指数上升,存水率下降,注入水利用率低,准确识别优势流场并及时调整显得尤为重要。

以往优势流场的识别主要建立在地下饱和度场

的跟踪监测以及油藏动态分析的基础上,未对流场进行定量表征。而油藏流场存在目前流场强度(瞬时量)和累积流场强度(累积量)两个物理量,在优势流场的识别和调整过程中,只考虑其中之一往往发生误判,影响流场的调整效果。

收稿日期:2017-06-14;改回日期:2017-07-05。

作者简介:高峰(1987—),硕士,助理研究员,现从事油田开发研究工作。E-mail:gao_feng.jsyt@sinopec.com。

本次研究综合运用模糊定性分析、动态流线分析和油藏流场表征等技术^[3-4],对韦8断块优势流场进行定性和定量研究,为下步油藏流场调整提供依据。

1 流场成因及控制因素分析

1.1 优势流场成因分析

在注水开发过程中,受储层非均质性、注采强度变化、流体粘度和层内纵向窜流等因素的影响,部分注采井间单层突进严重,形成优势流场^[5]。

韦8断块沉积微相变化较快,平面渗透率较好的地区水驱开发效果较好,纵向高渗透层采出程度较高,但水淹也较为严重,形成优势流场。高含水开发阶段,受大量注入水的冲刷和浸泡,部分粘土矿物和微粒会分解被水冲刷而移位,导致注水井主吸层吸水量越来越多,采油井主产层产液量越来越多,形成优势流场。油藏地下原油粘度较大,注入水指进现象严重,同时韦8断块投产井均需压裂,压裂后注入水沿裂缝方向流动(近东西向),形成优势流场。韦8断块主要地质参数见表1。

表1 韦8断块主要地质参数

含油层系	E_1f_2	E_1f_1
主要沉积微相类型	滨浅湖滩坝	三角洲前缘水下分支河道
孔隙度/%	22.0	21.5
渗透率/($10^{-3} \mu\text{m}^2$)	28.3	78.2
地层原油粘度/($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	43.73	69.69

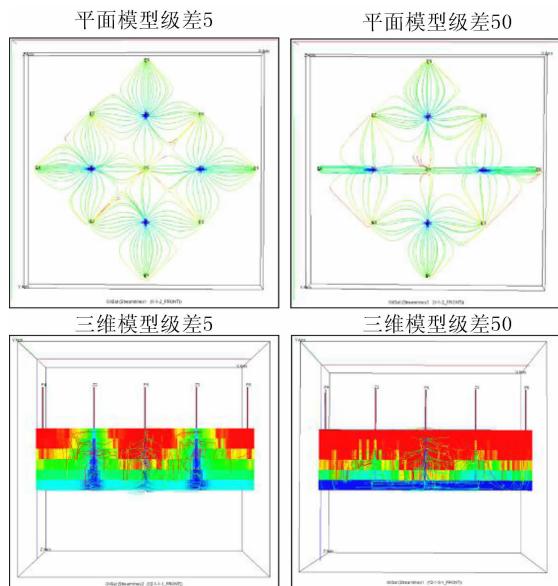


图1 渗透率级差对油藏流场的影响

1.2 优势流场控制因素分析

以赤岸地区地质条件为基础,通过建立平面和

三维立体理论模型,运用油藏数模技术,分析各因素对流场强度的影响。

根据韦8断块的油藏特征以及理论模型的数模研究,对比储层非均质性、注采强度变化、流体粘度和层内纵向窜流等因素对优势流场分布的影响。综合分析认为储层非均质性、油水粘度比是影响韦8断块优势流场分布的主要因素:渗透率级差越大,平面和纵向上非均质性越强,流线越不均匀,高渗透层优势流场越明显;油水粘度比越大,水驱波及面积越小,优势流场形成后单层突进严重,影响开发效果(见图1,2)。

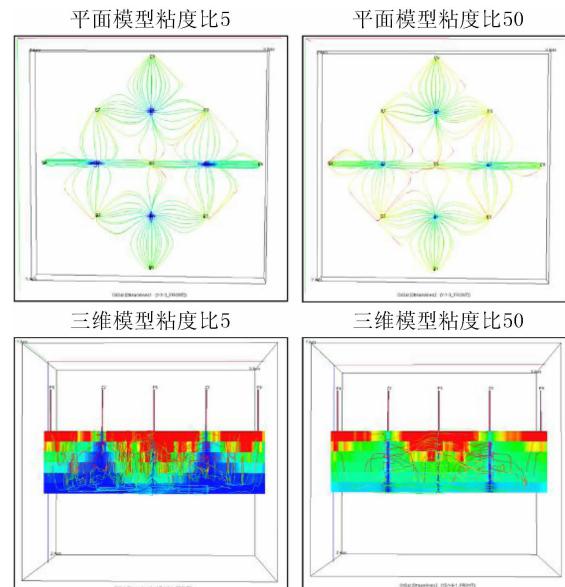


图2 油水粘度比对油藏流场的影响

2 优势流场识别技术研究

流场识别常用的技术方法主要有:测井方法、井间动态监测方法、试井方法、取心方法和油藏工程方法。流场的定量研究主要依据油水井的监测资料,而该油田监测资料较少,不能得到所有井的定量解释结果。为了综合研究韦8断块优势流场,采用油藏工程方法对优势流场进行定性和定量的研究。

2.1 模糊定性分析技术

优势流场模糊定性分析方法主要是运用静态资料、生产动态资料和动态监测资料,选取影响流场形成的地质与开发因素和表征优势流场特征的开发指标,建立识别流场的指标体系并计算评判指标,利用所得到的评判指数,进行流场强度的定性识别,评判指数越大,油水井优势流场越明显^[6]。

根据计算结果,将各井区的流场强度划分为4个等级,并将对应的等级投影到油水井点上,颜色越

深表示优势流场越明显。从图 3 可以看出:高部位地层能量较弱,优势流场不明显,中低部位受注水及边水的影响,井区容易形成优势流场;同时受渗透率

和压裂裂缝方向的影响,优势流场沿东西方向较为明显。这种方法可以定性的判断单井点优势流场的分布情况。

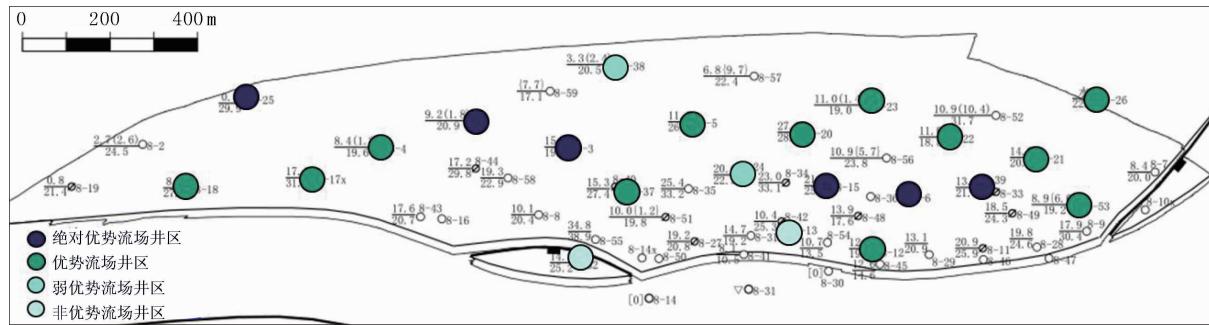


图 3 韦 8 断块 $E_1 f_1^1$ 区优势流场分布

2.2 流线分析技术

为了更好地判断油水井间的连通关系和各砂体的优势流场特征,研究采用了动态流线分析技术。动态流线分析技术是以油藏渗流理论为基础,基于动静态数据的小层动用状况预测方法。流线自身的信息包括:

(1)根据不同沉积微相的动用条件和井间相变影响,通过检查井资料,建立不同沉积微相动用状况和注采井距的关系,进一步完善注采关系划分方法,使油水井间注采关系评价更合理。

(2)数据源基于所有流线衔接的生产井和注水井有关的体积流量的计算,可以决定各井的流量分配系数,明确显示出各阶段油井的产液量和水井的注入量大小。

流场在油藏开发过程中是持续变化的,阶段注水量动态流线分析可以确定目前油水井间的优势流线方向及阶段流量的大小(图 4);累积注水量动态流线分析可以确定历史油水井间的优势流线方向及累积流量的大小(图 5)。根据累积和阶段注水量流线分析可以清晰地展示出不同阶段优势流场的分布特征。

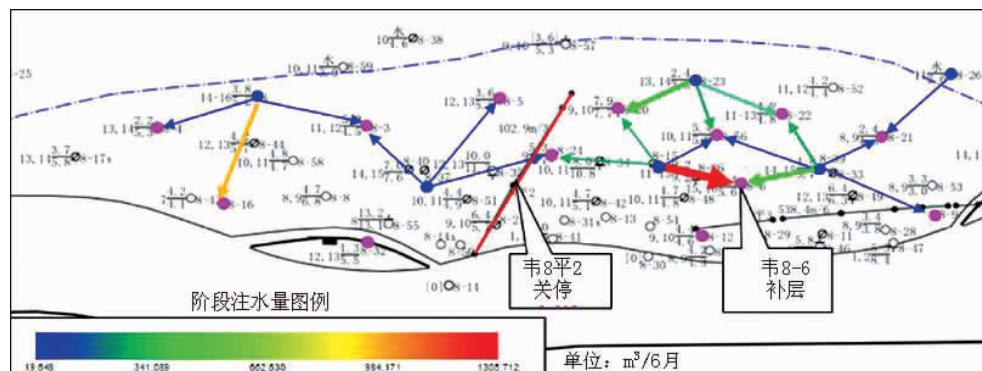


图 4 韦 8 断块 $E_1 f_1^{1-4}$ 阶段注水量分析

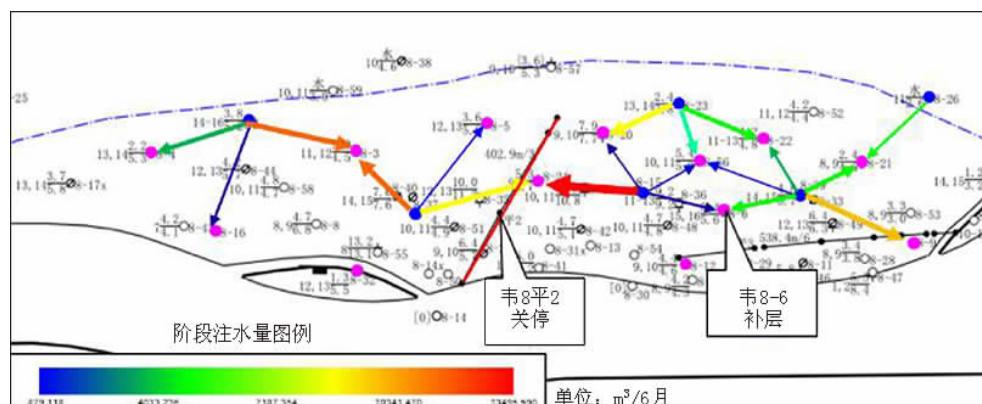


图 5 韦 8 断块 $E_1 f_1^{1-4}$ 累积注水量分析

油藏流场存在目前流场强度(瞬时量)和累积流场强度(累积量)两个物理量,阶段注水量流线分析可以确定目前流场强度,但不能展现出高含水关停井形成的优势流场,即阶段流场特征不能显示历史流场强度;而对于新井投产和目前补层生产形成的优势流场则不能在累积注水量流线分析图上显示出来,即累积流场强度不能显示流场的变化过程。为了运用较少的参数评价不同时期流场强度的差异性,研究运用了流场定量表征技术。

2.3 流场定量表征技术

在流场的定量研究中平均概念无法体现差异性,综合概念无法体现方向性,流场强度的完整表征需要以下3个参数:驱替倍数、流体流速和含水饱和度。

综合地质和开发属性,研究引用了通量的概念:即瞬时和累积通过单位面积的流体体积。通量本身

表征累积冲刷程度,通量的导数即是流体流速,水相通量和油相通量可以计算出含水率^[7-8]。

$$Mn = \sum \left(\frac{|Q_{xn}|}{DYDZ} + \frac{|Q_{yn}|}{DYDZ} + \frac{|Q_{zn}|}{DYDZ} \right) \Delta t$$

式中, Q_x 为在每个 Δt 时间内通过 X 平面的平均流量; Q_y 为在每个 Δt 时间内通过 Y 平面的平均流量; Q_z 为在每个 Δt 时间内通过 Z 平面的平均流量。

考虑到油藏生产历史和剩余油的分布特点,综合运用水相通量和油相通量,使用对应的瞬时量和累积量作为流场的评价指标。

在精细三维地质模型的基础上,充分考虑渗透率级差、油水粘度比等影响因素,建立韦8断块流场表征模型。根据油藏通量的计算,将流场强度运用通量表征,显示出各砂体不同时期的油藏通量分布(图6)^[9]。

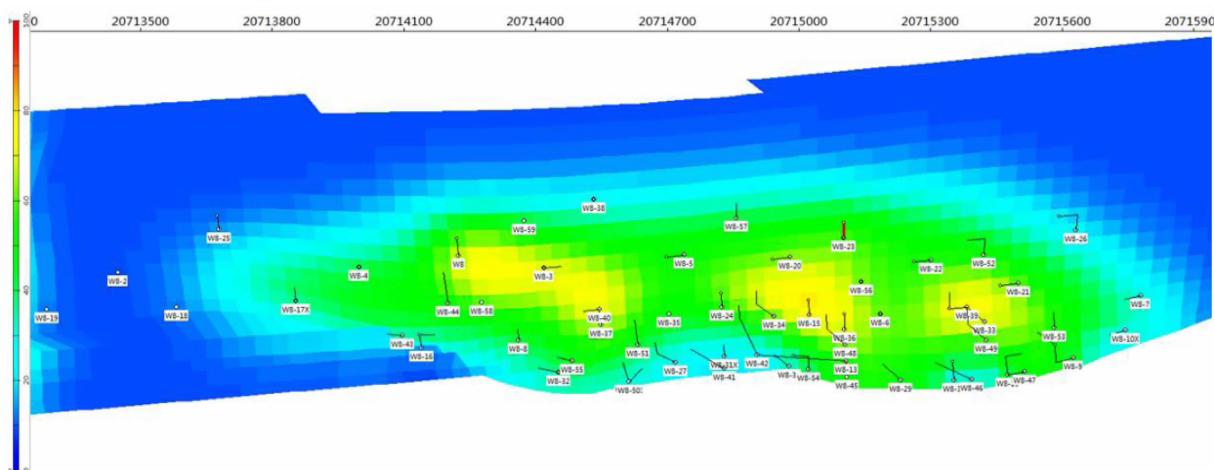
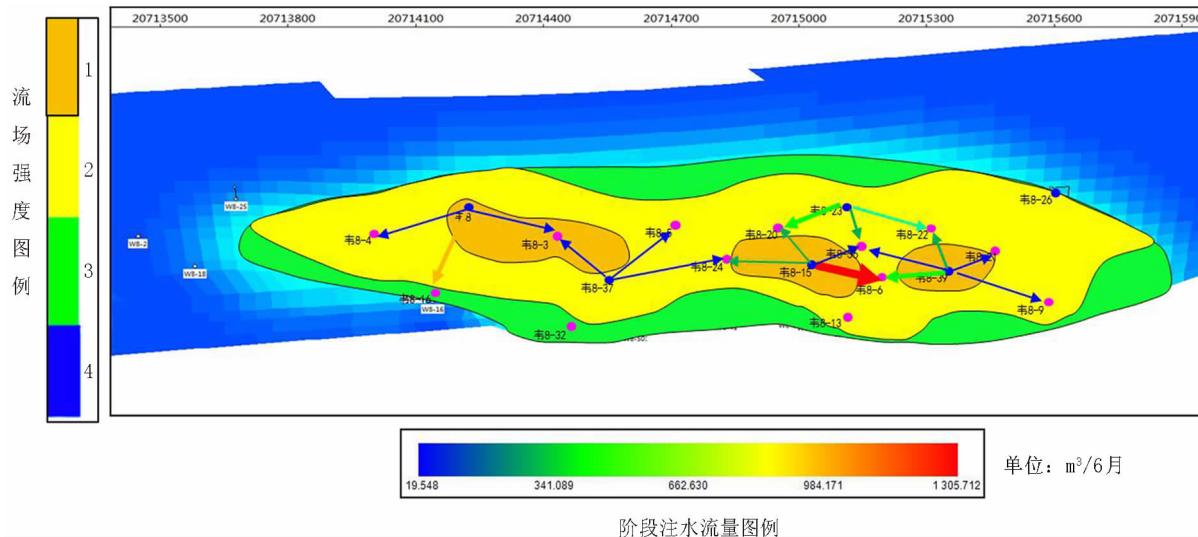


图6 韦8断块 $E_{lf_1}^{1-4}$ 油藏通量分布



根据流场强度与通量、可动油系数之间的对应关系,结合模糊定性识别方法,进一步完善优势流场的分级(表2)。

结合优势流场分布及阶段注水量流线分析,可以清晰地显示各砂体、各井组间目前及历史累积优势流场方向及强度,为流场调整提供依据(图7)。

表2 流场强度综合分级评价

流场强度	通量	可动油系数	流场级别	流场级别名称
<0.2	<20	0.7~1.0	4	非优势流场
0.2~0.3		0.3~0.7	3	弱优势流场
0.3~0.5	20~50	0~0.3	2	优势流场
>0.5	>50	0~0.3	1	强优势流场

3 现场应用

韦8-6井投产 $E_{lf_1}^{1-4}$ 砂体后含水上升快,通

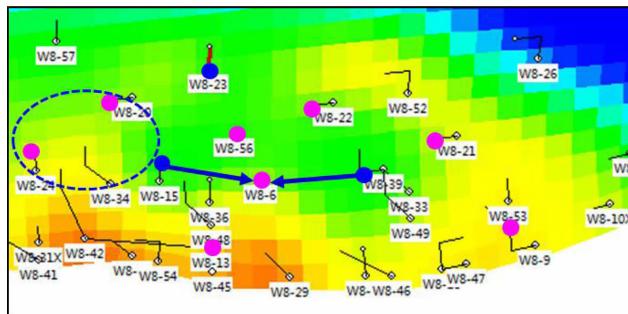


图7 韦8断块 $E_{lf_1}^{1-4}$ 砂体投产前后注采关系与剩余油对比

4 结论

(1)油藏在注水开发过程中,受储层非均质性、注采强度变化、流体粘度和层内纵向窜流等因素的影响,部分注采井间突进严重,形成优势流场;渗透率级差和油水粘度比是影响韦8断块流场强度分布的主要因素。

(2)结合模糊定性分析和动态流线分析技术,综合运用通量参数,可定量表征流场强度并准确展现优势流场的变化过程,为流场优化调整提供直观的参考。

(3)流场在油藏开发过程中是持续变化的,所以流场调整是一个需要持续跟踪研究的过程;通过持续的流场调整,均衡驱替,可实现低渗透油藏的持续高效稳产。

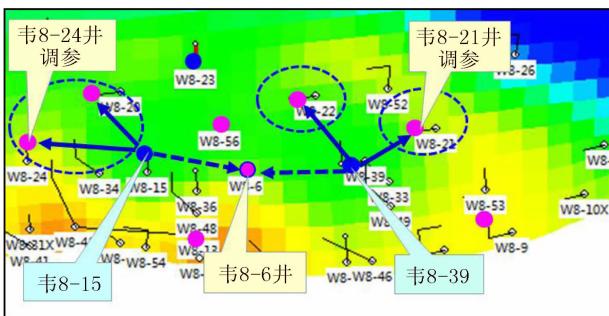
参考文献:

- [1] 贾俊山. 优势流场表征技术[J]. 断块油气藏, 2011, 18(5): 626~629.

过分析发现:该井区存在强优势流场,目前驱替强度较强,但累积流场强度较弱,采出程度较低,剩余油挖潜潜力较大;而周边油井韦8-24和韦8-21井目前优势流场较弱,但累积流场强度较强,有提液的潜力。

运用流场分析结果,对韦8-21和韦8-24井采取提液措施,使注入水更多地流向周边油井,改变目前优势流场的分布状况,提高注入水利用率,有效挖潜井间的剩余油。

通过调整周边油井的生产参数,均衡了油藏流场,有效挖潜了剩余油。措施实施后,韦8-6井日产油从1.5 t/d上升至4.5 t/d,并保持稳定,含水从92.4%下降至77.8%,韦8-21和韦8-24井提液后产量均有所上升,井组预测年增油1 000 t以上,具有较好的经济效益(图8)。



- [2] 辛治国,贾俊山,孙波. 优势流场发育阶段定量确定方法研究[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2012, 34(2): 119~124.
[3] 王鸣川,石成方,朱维耀,等. 优势渗流通道识别与精确描述[J]. 油气地质与采收率, 2016, 23(1): 79~84.
[4] 丁帅伟,姜汉桥,赵冀,等. 水驱砂岩油藏优势通道识别综述[J]. 石油地质与工程, 2015, 29(5): 132~136.
[5] 陈永生. 油藏流场[M]. 北京:石油工业出版社, 1998: 1~2.
[6] 胡宝清. 模糊理论基础[M]. 武汉:武汉大学出版社, 2004: 202~208.
[7] 冯其红,王树义,王研,等. 变权方法在区块整体调剖模糊选井中的应用[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2002, 26(4): 45~47.
[8] 陈付真,姜汉桥,李杰,等. 油藏流场的量化描述方法及其应用研究[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2011, 33(12): 111~114.
[9] 吴琼,李相方. 基于流线数值模拟的低渗透油藏中后期调整研究[J]. 大庆石油地质与开发, 2009, 28(6): 110~114.

(编辑 谢葵)