

三次采油前油藏精细描述的关键技术

陈 亮 牛艳平 熊琦华

(石油大学, 北京 102200)

三次采油前须采用多学科协同、静动结合的方法, 建立准确的注水开发前后储层参数解释模型、结构模型和非均质模型, 从而为油藏动态预测提供更为精细的油藏地质模型。因此, 三次采油前应采用微机信息库、储层参数测井解释等 11 项关键技术, 预测或揭示剩余油的分布规律。这 11 项关键技术一方面围绕储层成因机制; 另一方面围绕油藏内的流体性质。

关键词 油藏描述 储层非均质 神经网络 分形几何 地质统计学 剩余油分布

第一作者简介 陈亮 男 28 岁 博士 油藏描述及地质统计学

东濮凹陷胡状集油田胡十二块油藏是一个储层非均质性严重的断块层状油藏, 目前已属特高含水期, 油田产量递减快, 开发形势严峻。导致目前状况的原因: 一是过去所提供的油藏地质模型不够精确; 二是井网不尽完善、工艺措施相对陈旧、注采系统不配套。针对上述问题, 我们提出了相应的配套技术。生产实践证明, 这些技术的正确实施可有效地确定胡十二块油藏的剩余油分布, 为实施三次采油方案和提高最终采收率奠定良好的基础。

1 三次采油概述

三次采油前的油藏地质模型要能精确地反映储层的非均质性分布特征、剩余油分布规律, 以及提供油藏性质与注入剂合理配伍的依据, 且要求具有一定的预测功能。三次采油中有两个特殊性, 即: (1) 三次采油是在确切地掌握了注水开发后剩余油的分布情况下进行的; (2) 三次采油注入剂及驱油效率的敏感性远远大于对注入水驱油效率的敏感性。

陆相油藏除储层非均质性严重外, 其中流体性质也表现出非均质性。尤其是东濮凹陷东部断块油藏在注水开发过程中, 储层流体与注入水发生了一系列物理、化学作用, 从而导致流体性质及其分布的变化。这是潜力区分析及注入剂配伍合理选择的基础。

2 关键技术

三次采油前油藏描述的关键技术主要有以下 11 项。这 11 项关键技术一方面围绕储层成因机制综合效应、储层非均质分级特征的定量表征、开发前后储层参数的准确求取, 以及储层非均质特征的三维建模; 另一方面是围绕油藏内流体性质及其分布、油藏地球化学及剩余油分布规律及其预测。

2.1 微机信息库

这是三次采油前油藏精细描述的基础,因而,须应用多种数理统计方法,优选各类、各阶段的数据,建立优化的地质、测井、测试、生产动态等数据库,从而保证研究工作的科学性和高效性。

2.2 储层参数测井解释

为了掌握注水开发前后储层参数的时空变化规律,必须从注水开发前、后的关键井研究出发,分析储层岩性、物性、含油性和电性四者之间的关系,建立准确的注水开发前后储层参数测井解释模型,为研究储层在注水开发过程中的变化提供依据。

2.3 沉积微相的神经网络自动识别

在系统取芯井单井相研究的基础上,优选并提取能反映各种沉积微相特征的定量参数(如粒度中值、泥质含量、分选系数、砂岩含量等),对不同类型的微相进行定量标定。将标定结果输入到神经网络,通过自动识别、调整权值,以实现对未知小层沉积微相的自动识别。

2.4 储层宏观非均质性的地质统计学表征

储层宏观非均质性是影响注水开发油田驱油效果及剩余油分布的内在因素,准确地表征储层三维空间宏观非均质特征是油藏精细描述的关键,也是预测剩余油分布的基础。

2.4.1 正演井间分形克里格法

通过对与储层参数关系密切的测井曲线,如声波时差、自然伽马等的分形特征分析,利用垂向分形维数(D)与横向分形维数相似这一假设^[1],进行井间储层参数预测。该方法与其他方法的区别在于:(1)该方法可直接利用声波和自然伽马从井中测出的声波场和自然伽马场进行预测;(2)通过选择不同的截止值和建立储层参数解释模型,可清楚表征井间砂体展布及孔、渗等参数的变化特征。

2.4.2 相控参数场随机模拟技术

沉积相是控制储层非均质性最主要的因素之一,我们根据地质统计学的最新理论,提出了相控参数场随机模拟方法。该方法是一种两阶段模拟方法:第一阶段利用基于离散变量的随机模拟方法,如序贯指示模拟、指示主成分克里格和截断高斯模拟等建立沉积相的离散模型,用以描述储层的宏观非均质性;第二阶段则在沉积相模型建立的基础上,运用序贯高斯模拟建立不同的连续变量的模型,以表征储层参数场的空间变化。

2.5 定量成岩作用及孔隙结构

(1)应用铸体分析、 X -衍射、扫描电镜等方法,定量地分析胶结作用、压实作用等影响储层微观非均质性的成岩事件,并应用“成岩系数”对成岩作用强度、储层的综合效应进行定量研究。

(2)应用定量图像分析技术、分形几何学及数理统计学方法等,定量研究储层孔隙几何学、孔隙拓扑学及孔隙物理学特征,深入分析储层微观非均质性对无水采收率、最终采收率及残余油饱和度的影响,从而为研究微观规模剩余油分布打下基础。

(3)在成岩作用及孔隙结构定量研究的基础上,提出不同成岩储集相的孔隙演化模式,从而使储层微观非均质性研究具有预测功能。

2.6 储层动态变化

针对注水开发过程中储层性质动态变化的特征,应用定量图像分析、压汞、水驱油实验、储层敏感性试验、水淹层测井等方法和技术,深入研究储层动态变化,定量研究不同级别储层非

均质性在注水开发过程中的动态变化特征,从而提高注水开发效果和实施三次采油提供地质依据。

2.7 岩石物理相展布及储层质量评价

岩石物理相(Petrophysical Facies)是储层沉积形成、成岩改造和后期构造作用的综合效应,它最终表现为储层现今的孔隙网络特征^[2]。它强调从储层形成机制的角度去深入研究储层,从储层的沉积形成、成岩改造和构造作用综合效应上去全面系统地评价储层质量的优劣。

2.8 油藏地球化学

在注入水的驱动作用下,油藏内原油和地层水的物理、化学性质将会发生变化。在研究中采用了以下5项关键技术:

(1)通过对油藏内原油物理性质、化学组成及油田水性质的地球化学剖析与对比,建立流体性质在横向、纵向上的分布模式;

(2)应用检查井的油藏地球化学录井资料,分析油藏内剩余油的组成特征、分布规律,探讨不同油组的油质和水洗程度;

(3)根据不同开发层系原油、油田水的组成与物理性质的非均质性,流体性质在空间上的分布规律,研究油藏内流体的连通性,并分析导致不同流动单元之间流体性质差异的地质背景和油藏工程条件;

(4)通过油藏内流体性质动态地球化学监测,研究注水开发对流体性质的影响,并探讨引起这些变化的制约因素,为改善注采方案,提高油田开发效益提供地球化学信息;

(5)把原油-地层水-注入水-岩石矿物作为统一的地球化学源进行研究,针对流体性质特点,选择注水和提高采收率的合理方案。

2.9 油藏地质模型

将地质学原理和现代随机建模方法、计算机技术及开发应用紧密地结合起来,对油藏类型、形态、内部结构、储层参数三维空间分布,以及流体性质空间变化和分布加以高度概括,建立油藏地质模型。

油藏地质模型主要包括构造模型、沉积模型、储层模型和流体模型。针对胡十二区块的地质特征及开发现状,在储层模型中重点研究了储层非均质性和储层结构特征,建立了井间非均质模型和储层结构模型,以了解井间砂体的连通性。在流体模型中建立了原始含油饱和度模型和剩余油饱和度模型,以了解油藏的动态,从而为后期的开发奠定地质基础。

2.10 油藏质量评价

在油藏精细描述和小层储量复算基础上,选用了较符合地质变化规律的模糊聚类的方法,分砂组、分小层对胡十二块进行了系统的质量评价。评价指标不但选用了常规的储量丰度、油层厚度、孔隙度、渗透率,还选用了反映油藏非均质特征的渗透率的变异系数、级差、突进系数,以及反映流体流动特征的平均孔隙半径及难流动喉道半径,因而是从质量上对油藏给予了评价。

2.11 剩余油分布规律

剩余油分布是三次采油前油藏描述的目的所在。根据图1的研究流程^[3],采用以下8项关键技术对胡十二块剩余油分布进行了系统的研究。

(1)运用微观水驱油实验技术研究了胡十二块剩余油的微观形成机理^[4];

(2)多角度、多因素地探讨了剩余油的形成原因;

(3) 应用虚拟井预测方法研究井间剩余油分布^[5], 在虚拟井形成中引入了变维分形的思想和连续随机加法;

(4) 结合正演井间分形克里格法与示踪剂法研究了井间剩余油分布;

(5) 以胡检 1 井为“窗口”, 利用各种分析化验资料, 采用虚拟井方法建立开发后期解释模型以预测剩余油饱和度及剩余油分布情况;

(6) 应用数值模拟技术研究剩余油分布规律;

(7) 分微相建立不同的水淹模式;

(8) 应用各种资料, 静动结合、古今对比, 探讨剩余油的分布特征。

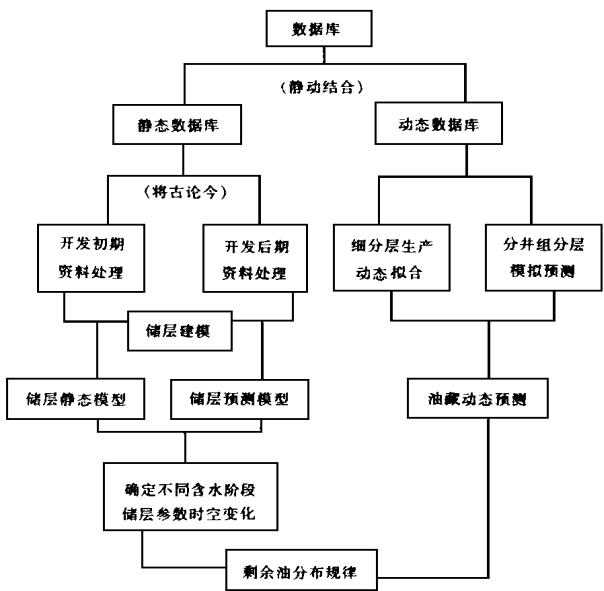


图 1 剩余油分布研究流程图

3 应用效果

根据胡十二块三次采油前油藏精细描述的研究成果, 中原油田采油五厂沙河街组三段 6~ 8 层系进行了采差层先导性试验, 已取得了良好的经济效益。截止 1995 年底, 区块日产能力增加了 $\times \times \text{ t}$, 日产液量减少 $\times \times \times \text{ m}^3$, 年产油增加 $\times \times \times 10^4 \text{ t}$, 年产液减少 $\times \times \times 10^4 \text{ m}^3$, 年注水量减少 $\times \times \times 10^4 \text{ m}^3$ 。由此可见, 三次采油前油藏精细描述的科学成果, 如能及时地转化为生产力, 势必给社会带来巨大的经济效益。

4 结论及认识

(1) 三次采油前油藏精细描述是一项系统工程, 它需要地质学家和油藏工程师的密切合作。

(2) 三次采油前油藏精细描述的目的是为了揭示剩余油分布规律。

致谢: 参加本文研究工作的还有张一伟, 黄述旺, 彭仁宓, 吴胜和, 张枝焕, 纪发华, 吴欣松, 刘宇红等。研究过程中始终得到中国石油天然气总公司科技局、中原石油勘探局、石油大学等单位许多领导和专家的大力支持和帮助, 在此一并致谢。

参 考 文 献

1 Hewett T A, Behrens R A. Conditional simulation of reservoir heterogeneity with fractals. SPE Formation Evaluation, 1990, 4 (3): 217~ 225

2 熊琦华, 彭仁宓, 黄述旺, 等. 岩石物理相研究方法初探. 石油学报, 1994, 11(增刊): 68~ 75

3 陈 亮, 张一伟, 熊琦华. 严重非均质油藏高含水期剩余油分布研究进展. 石油大学学报(自然科学版), 1996, 20(6): 101~ 106

4 陈 亮, 彭仕宓, 聂昌谋. 胡状集油田胡十二块剩余油微观形成机理研究. 断块油气田, 1997, 4(4): 43~ 45

5 Chen Liang, Zhang Yiwei, Xiong Qihua. Interwell forecast for remaining oil distribution at the later stage of oilfield development. Transactions of '96 international symposium on well logging techniques for oilfield development under waterflooding. Beijing: Petroleum industry press, 1996. 38~ 47

- 5 郭正吾. 四川盆地地质结构特征及其含油气性. 见: 朱夏, 编. 中国中、新生代盆地构造和演化. 北京: 科学出版社, 1983: 172~ 179

RELATION BETWEEN SEQUENCE STRATIGRAPHIC FRAMEWORK AND GAS POOL-FORMING OF XUJIAHE FORMATION, SICHUAN

Li Shaohu Wu Chonglong Wang Hua Han Zhijun
(*China University of Geosciences, Wuhan*)

Abstract

The formation of the gas pools in Xujiache Formation was controlled by its sequence stratigraphic framework. IH1 sequence is constituted by low stand system tract formed of clastic rocks, transgressive system tract formed of sandstone, arenaceous rock and highstand system tract formed of arenaceous rock and coal beds; IH2 sequence contains respectively low stand system tract formed of lacustrine facies and transgressive delta sediments, transgressive system tract formed of argillaceous rocks; IH3 sequence is composed of lowstand system tract with huge thickness of fan deposits in the internal part of the basin, the transgressive system tract with lacustrine and regressive delta sediments, the highstand system tract formed of terrigenous debris. Both IH2 and IH3 sequences show the framework of progradation from periphery to the interior part. It is suggested that the transgressive system tract contains thick mudstone and abundant organic matter, and it should be the main source rock and regional caprock; the lowstand and highstand tracts contain sandstones with favourable porosity and permeability, and should be considered as reservoir rocks.

(上接第 145 页)

KEY TECHNIQUES OF RESERVOIR DESCRIPTION BEFORE TERTIARY OIL RECOVERY

Chen Liang Niu Yanping Xiong Qihua
(*University of Petroleum, Beijing*)

Abstract

In order to provide a more accurate reservoir geological model for reservoir performance prediction, it is necessary to adopt the method of multidisciplinary association and static and dynamic information combination, to build an accurate interpretation model of waterflooding reservoir operating parameter, a textural model and a heterogeneity model before tertiary oil recovery. Therefore, 11 key techniques such as computer information storage, reservoir parameter log interpretation should be used to predict or reveal the distribution regularity of remaining oil. These techniques are usually related to reservoir origin and to the property of the flows within the reservoir.