

文章编号: 1009-3850(2009)04-0052-05

华池油田 H152 区开发中后期储层地质建模

汤子余^{1,2}, 李 群¹, 朱 锐²

(1. 中南大学 地学与环境工程学院, 湖南 长沙 410083; 2. 长江大学 地球科学学院系, 湖北 荆州 434023)

摘要: 华池油田 H152 区为低孔低渗油藏, 已进入开发中后期。本文分析了华池油田长₃ 储层地质特征和沉积微相特征, 认为其属于三角洲前缘和前三角洲亚相沉积, 并详细分析了区内出现的三角洲前缘水下分流河道、分流河道间湾、河口坝、远沙坝和前三角洲泥等微相的岩性和电性特征。采用序贯指示模拟方法建立了研究区沉积微相, 应用序贯高斯方法建立储层参数模型, 为成功挖潜剩油提供依据。

关键词: 鄂尔多斯盆地; 沉积微相; 地质模型; 序贯指示模拟; 序贯高斯模拟
中图分类号: TE121.3 文献标识码: A

1 前 言

华池油田 H152 区属低孔低渗油藏, 经过 10 余年的注水开发, 目前已进入开发中后期, 含水上升快, 稳产难度大。由于部分井区裂缝发育, 平面水驱不均, 注水效果差。该区沉积成岩作用复杂, 小层多且非均质性强, 以前的油藏描述成果已经无法满足开发中后期油藏的需要。为解决这些问题, 本文对研究区储层进行了地质建模研究, 为预测剩余油的分布和油藏数值模拟提供依据。

2 储层特征

华池油田位于甘肃省华池县境内, 区域构造属于鄂尔多斯盆地南部的华池鼻褶带。华 152 区构造简单, 断层和褶皱不发育, 整体上呈现为向西偏北倾斜的单斜构造, 坡度较缓, 仅为 $0.5^{\circ}/100\text{m}$ 。区内无油气聚集的二级构造带和构造圈闭, 仅有少量的鼻状隆起, 岩性圈闭是主要的油气聚集场所。

2.1 小层对比与划分

为适应开发中后期油藏精细描述, 结合研究区域的实际地质情况, 笔者将长₃ 储层划分为长₃¹⁻¹, 长₃¹⁻²、长₃²⁻¹、长₃²⁻²、长₃³⁻¹、长₃³⁻²¹、长₃³⁻²²、长₃³⁻²³ 和长₃³⁻³ 等 9 个小层。小层界限为研究区内局部性的标志层, 特征不太明显, 但在研究区内可追踪对比, 其中长₃³⁻²² 砂体最为发育, 是研究区域的主力油层 (图 1)。

2.2 沉积微相研究

长₃ 油组为一套曲流河入湖而形成的曲流河三角洲沉积体, 主要包括水下分流河道、河口坝、远沙坝、分流河道间湾及前三角洲泥等微相。

水下分流河道砂体一般颗粒较细, 为粉砂岩、细砂岩组成的向上变细韵律, 砂层薄, 层数多, 常显示为多个正韵律层的叠加。砂体中沉积构造发育, 常见中小型交错层理及平行层理, 层理规模从下向上逐渐变小, 砂体底部常见冲刷充填构造。自然电位曲线呈箱形、钟形及齿化的箱形、钟形; 电阻率曲线视岩层内流体不同幅度可高可低, 一般幅度较低时为水层, 幅度中高时为油气层。岩性以细砂岩、粉砂

收稿日期: 2008-04-25 改回日期: 2009-09-22

作者简介: 汤子余 (1974—), 男, 博士生, 主要从事油藏描述工作。E-mail: yifan@126.com

资助项目: 国家自然科学基金 (40572078)

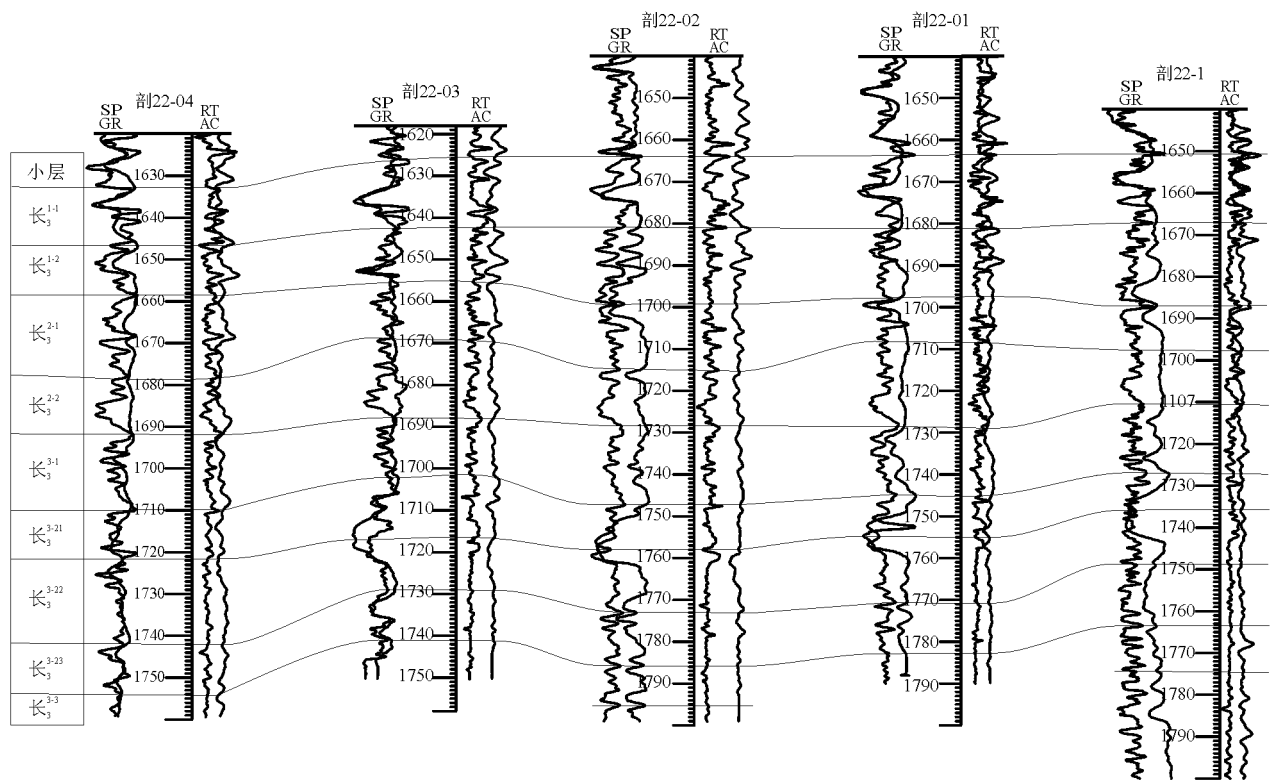


图 1 长₃储层小层对比图

Fig 1 Correlation of the Chang₃ oilm easures in the H-152 block

岩为主,在层序底部常常发育有泥砾,层序顶部过渡为泥质粉砂岩或粉砂质泥岩。

河口砂坝位于水下分流河道的出口处,由于水流分散,水能量逐渐减弱,砂质沉积物堆积下来而形成,是三角洲沉积体系中砂体最集中的沉积单元,具明显的下细上粗的反韵律结构。下部砂层粒度细、厚度小,泥岩夹层厚,向上砂层粒度变粗,厚度增大,泥岩夹层薄。自下而上通常由粉砂岩与泥岩的薄互层变为细砂岩。粉砂岩中发育小沙纹层理及液化变形层理,砂岩中发育低角度交错层理、平行层理及液化变形层理。自然电位曲线多呈中高幅度的漏斗形,下细上粗的反韵律特征明显,微电极曲线有一定的幅度差。

远砂坝位于河口砂坝前缘较远的部位,与前三角洲泥呈逐渐过渡关系。沉积物较细,以泥质粉砂岩或粉砂质泥岩沉积为主。发育小型波状交错层理及波状、脉状和透镜状复合层理。沿层理面分布有较多的炭屑。砂体厚度一般小于2m,自然电位曲线形态呈指状,微电极曲线呈齿状高值,基本没有幅度差。

分流河道间湾是水下分流河道之间的低洼部分,沉积物以细粒悬浮物的垂向加积作用为主。在

洪泛期,由于水下决口作用可形成少量砂质沉积物,因而河道分流间湾以泥岩沉积为主,含少量粉砂岩。具水平层理和透镜状层理,见植物茎干碎片。自然电位曲线表现为微幅齿状或平直状。

3 储层地质建模

储层地质建模就是用模型来表征储层结构和储层参数的空间分布和变化特征。储层建模的核心就是井间储层预测。为了提高地质建模精度,采用传统的旋回对比和层序地层学的方法对研究区进行了等时小层划分与对比,以确保等时建模原则的实现。由于研究区开发已经进行了10多年,对研究区地质特征已经有了一定的认识,且该区井网相对比较完善,井距较小(300m左右),只是在边部需要做出一定范围的预测,因此地质建模采用了随机建模和确定性建模相结合的方法。同时,鉴于砂体的展布和储层物性主要受沉积微相控制,因此在建立储层物性的之前,先建立了研究区的沉积相模型。本次研究中应用的建模软件为 Petre软件,平面网格步长为20×20m,垂向上网格步长为1m。

3.1 构造模型

构造模型是建模的基础。建模过程中必需遵循

点→面→体的建模步骤。首先建立井模型,然后建立层模型,最后建立三维构造模型。研究区内没有断层,构造比较简单。对研究区内所有的井进行小层等时对比和单井相分析,建立单井模型,包括分层数据、相代码数据、孔隙度、渗透率、含水饱和度和净毛比数据等。利用分层数据,通过井间插值,建立层面模型,在此基础上建立三维构造模型。

层面模型是经过海拔和井斜校正后的分层数据通过插值生成的,采用反距离平方反比法克服了普通克里金法对微构造的平滑效应。

3.2 沉积相模型

沉积微相控制了储层的非均质性,决定了砂体的形态、厚度、变化规律及储层物性变化规律,而且是控制流体在储层中的分布和流动的重要因素。因此,在建立物性参数模型之前,需要建立能够表征储层较大规模非均质性的沉积微相模型。

研究区域共有 5 种沉积微相,其特征如前所述。Petre 软件可以分层分相对应不同的变差函数,但是并不是微相分得越细越好。研究区内河口坝、水

下天然堤、远沙坝零星分布,为了方便研究,在建模过程中,根据这 5 种微相的各自特点,将 5 种微相分别赋予不同的相代码,即远沙坝合为代码 1,水下分流河道和河口坝合为代码 2,分流河道间湾代码和前三角洲泥为 3。

研究区内井网较密,结合测井、试井、试油资料,为使井点资料更加准确,确立研究区沉积微相平面展布规律,本次相建模采用序贯指示模拟 (sequential indicator simulation)。序贯指示模拟是一种常用的非参数条件模拟方法,是对分散的数据概率分布场采用专门的指示克立格内插技术,并与条件随机模拟相结合而形成的一种方法 [7~9]。

从图 3 可以看出,水下分流河道微相发源于北东方向,向南西方向延伸并由一条河道逐渐发散为两条河道。

3.3 相控属性模型

属性模型主要包括渗透率模型及含水饱和度模型,旨在表征油藏参数的空间变化规律,尽可能地识别对油藏性质具有较大影响的地质特征。

储层属性模型在相控的基础上,采用序贯高斯模拟 (sequential Gaussian simulation) 是将高斯随机函数以序贯模拟的思想来实现的一种条件模拟方法 [9~12]。高斯随机模拟的基本思路是:首先将区域化变量 (如孔隙度、渗透率) 进行正态得分变换 (变换为高斯分布),然后再通过变

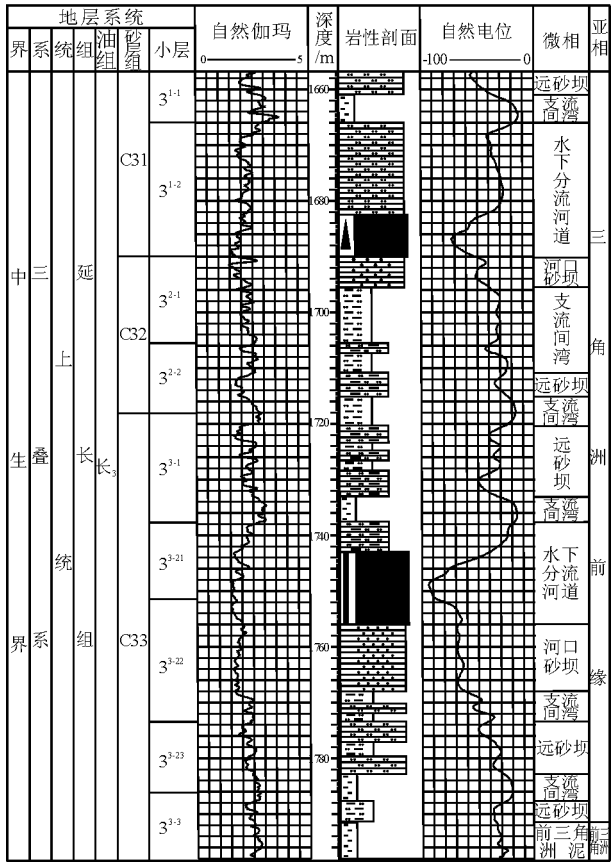


图 2 华 152 井区华 173 井长 3 储层综合柱状图
Fig 2 Generalized column through the Chang₃ oilmeasures of the Hua173 well in the H-152 block

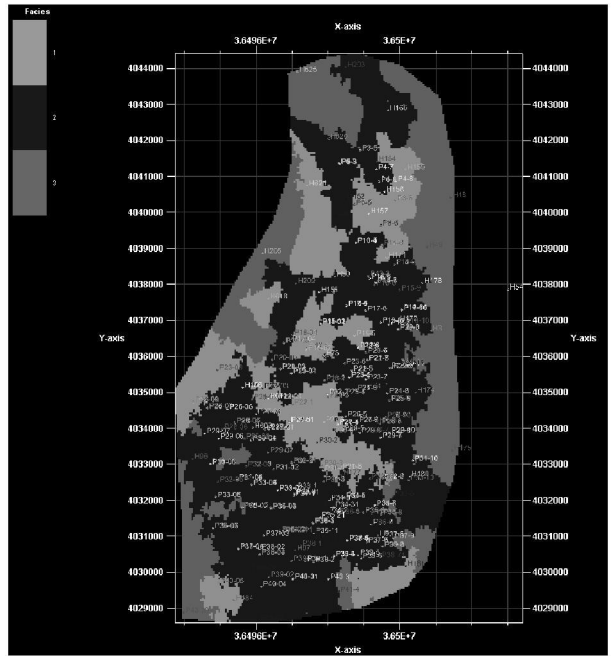


图 3 沉积微相模型
Fig 3 Model for the sedimentary microfacies of the Chang₃ oilmeasures

差函数获取变换后随机变量的条件概率分布函数。从条件概率分布函数中随机地提取分位数,得到正态得分模拟实现,最后将模拟结果进行反变换,最终得到随机变量的模拟实现。序贯高斯模拟为产生多变量高斯场的实现提供了最直观的算法,其模拟过程是从一个象元到另一个象元序贯进行的,而且不仅计算某象元条件概率分布函数的条件数据(原始数据除外),还考虑这次模拟中已模拟过的所有数据。序贯高斯模拟主要适用于连续变量的随机模拟,如储层物性参数、地球物理参数等。但要注意在使用时要先对原始数据进行正态转换,使之满足高斯分布^[11~13]。

针对研究区储层发育的特点,选择序贯高斯模拟法对储集层的物性参数进行随机模拟。基础资料来自测井、岩心分析数据,主要的方法是在沉积相约束下通过对储层参数的正态变换,得到变差函数及相关的参数值(如基台值、变程等),应用这些值进行储层参数的随机模拟,由于随机模拟可以生成多个模型,应选择与当前油藏认识较为接近的模型。

从图 4 图 5 储层物性模型可以看出,在研究区域西南端砂体发育,储层连片,物性较好。

4 结 论

(1)应用序贯指示模拟法和序贯高斯模拟法建立了华池油田 H152长₃油藏的储层地质模型。实



图 4 孔隙度模型

Fig 4 Model for the porosity of the Chang₃ oilmeasures

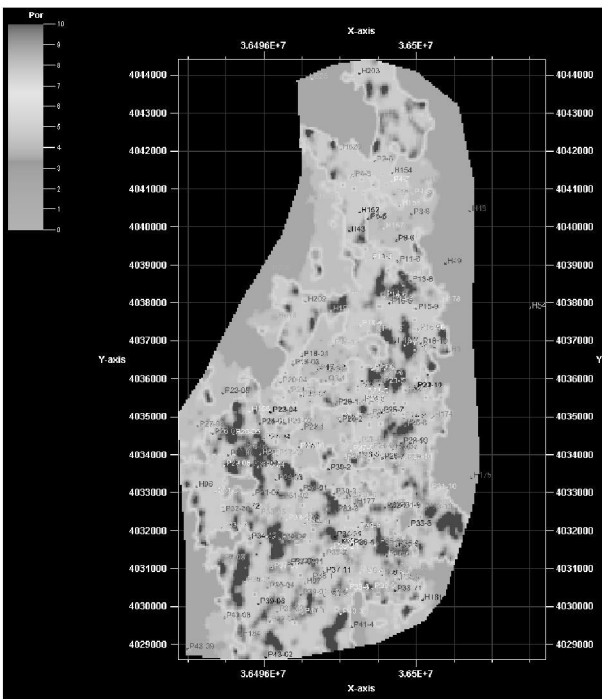


图 5 渗透率模型

Fig 5 Model for the permeability of the Chang₃ oilmeasures

践证明,两种随机模拟法能够简单、快速、真实地再现沉积相展布和储层参数的空间分布规律。

(2)研究区域物源方向为北东—南西方向,河口坝和水下分流河道比较发育,储层物性较好,是油气的主要聚集场所。利用建立的地质模型,通过数值模拟确定了剩余油的空间分布情况。根据剩油的分布情况,共实施 6 口加密井,均获得油气显示,说明所建模型是成功的。

参考文献:

[1] 李凤杰,王多云,郑希民,等. 陕甘宁盆地华池地区 延长组缓坡带三角洲前缘的微相组成[J]. 沉积学报, 2002, 12(4): 582—587.

[2] 张团峰,王家华,试论克里金估计与随机模拟的本质区别[J]. 西安石油学院学报, 1997, 12(2): 51—55.

[3] 桂峰,黄智辉,马正,等. 利用相控模型进行井间参数预测[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2001, 26(1): 49—53.

[4] 张一伟,熊琦华,王志章,等. 陆相油藏描述[M]. 北京:石油工业出版社, 1997

[5] 郑丽辉,邢玉中,赵秋忙. 相控随机建模在油藏精细描述中的应用研究[J]. 西南石油大学学报, 2007, 29(6): 21—23

[6] 曹宏,齐文同,宋新民,等. 储层相对稳定性及其在储层模拟中的应用[J]. 石油学报, 2002, 23(2): 56—59

[7] 袁恽楠,贾爱林. 储层地质模型 10 年[J]. 石油学报, 2000, 21(4): 101—104.

[8] 文健, 裴恽楠. 油藏早期评价阶段储层建模技术和发展方向 [J]. 石油勘探与开发, 1994, 21(5): 88—92

[9] 宋永忠, 于晶, 年静波. 随机顺序指示模拟技术与应用 [J]. 大庆石油地质与开发, 2003, 22 (1): 52—53

[10] 吕晓光, 王德发. 储层地质模型及随机建模技术 [J]. 大庆石油地质与开发, 2000, 19(1): 10—13

[11] 陈恭洋. 碎屑岩储层随机建模的基本理论与实践 [J]. 江汉石油学院学报, 2001, 23(4): 1—4

[12] 胡向阳, 熊琦华, 吴胜和. 储层建模方法研究进展 [J]. 石油大学学报 (自然科学版), 2001, 25(1): 107—112

[13] 侯景儒. 实用地质统计学 [M]. 北京: 地质出版社, 1998 31—63

Geological modeling for the H-152 block of the Huachi Oil Field in the middle and later stages of the oil field development

TANG Zi-yu², LI Qun¹, ZHU Ru²

(1. School of Geosciences and Environmental Engineering, Central South University, Changsha 410083, Hunan, China; 2. School of Geosciences, Yangtze University, Jingzhou 434023, Hubei, China)

Abstract: The Chang oilmeasures in the H-152 block of the Huachi Oil Field are assigned to the low porosity and low permeability reservoirs in the middle and later stages of the oil field development. Judged from geological and sedimentary features, the Chang oilmeasures dominantly consist of the delta front and prodelta subfacies deposits including the subaqueous distributary channel, interdistributary bay, channel mouth bar, distal bar and prodelta mud microfacies. These sedimentary microfacies are constructed by using the deterministic method, and the modeling of the reservoir physical properties are proposed by using the sequential Gaussian simulation. This model is helpful to the further development of the H-152 block of the Huachi Oil Field.

Key words: Ordos Basin; sedimentary microfacies; geological modeling; sequential indicator simulation; sequential Gaussian simulation

《沉积与特提斯地质》
《沉积与特提斯地质》征稿启示

《沉积与特提斯地质》(原《岩相古地理》,创刊于 1981 年)系国土资源部主管,成都地质矿产研究所主办的地质学术期刊。办刊 20 余年来,已经形成了沉积学的专业特色和特提斯(青藏高原)的地域特色。主要报道沉积学、地层学、矿床学、岩石学,以及石油地质、构造地质、环境地质等学科(专业)方面的新成果和新进展。《沉积与特提斯地质》现为中国科技核心期刊、中国科技论文统计期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊、维普中文科技期刊数据库统计源期刊,并被国家图书馆、上海图书馆、各省(自治区)地学类图书馆(资料馆)和大专院校图书馆所收藏。《沉积与特提斯地质》为季刊,逢季末出版,国内外公开发行。欢迎相关专业的地学工作者投稿。

- 来稿要求与注意事项:
- 1 稿件需论点明确、论据可靠、文字精练、图表清晰美观。稿件(含图表)一般在 8000 字以内,要求有 300 字左右的论文摘要和 3~5 个关键词,论文摘要和关键词需中英文对照。
- 2 来稿需附第一作者简介,包括:姓名、性别、出生年月、工作单位、职称/学位、专业和研究方向等。同时需注明研究受何种项目/基金(编号)资助及作者的通讯地址、电话(办公室、手机)、电子信箱等信息。
- 3 稿件正文应采用宋体(5号),西文和数字用 Times New Roman 体(6号)。文中要使用法定计量单位。
- 4 插图应采用 CoreDRAW9 软件绘制,如果用其它软件绘制,需转成 *.tif 格式图片,图表名需中英文对照。
- 5 测试数据应注明测试单位、测试手段、测试精度等。
- 6 参考文献按文中出现的先后顺序用阿拉伯数字以上标给出。参考文献(包括外文)格式为:(1)专著[序号]作者(编者).书名[M].出版地:出版社,出版年;(2)期刊:[序号]作者.题名[J].期刊名,年,卷(期):起止页码;(3)论文集、会议录著:[序号]作者.题名[C].论文集、会议录编者.论文集名.出版地:出版社,出版年.页码。
- 7 本刊通过电子信箱接收稿件。投稿电子邮件的主题需标明第一作者(或联系人)投稿字样。稿件应以附件的形式发送。投稿时务必提供两个附件:(1)插入 *.tif 格式图片和 Excel 格式表格的完整的 Word 格式的文稿(附件 1);(2)CoreDRAW 格式的原图或 *.tif 格式图片(无 CoreDRAW 格式原图时)(附件 2)。附件的名称应包含第一作者(或联系人)投稿_附件字样。本刊电子信箱:cdjg@163.com
- 8 本刊的审稿期一般为 3 个月。来稿一经采用,本刊将收取一定的版面费,同时支付作者稿酬。