

Daqing Putaohua >>>>>>>>>
Youtian Kaifa Jishu Shijian Yu Renshi

大庆葡萄花油田开发技术 实践与认识

刘洪军 刘洪涛 ◎ 主编

石油工业出版社

大庆葡萄花油田开发技术 实践与认识

刘洪军 刘洪涛 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书精选了大庆葡萄花油田“十一五”期间的主要科研成果和经验总结。内容包括油藏工程、采油工程、地面工程、计算机应用等方面的优秀论文共 54 篇。

本书适合油田开发工程技术人员参阅,也可供石油院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

大庆葡萄花油田开发技术实践与认识/刘洪军,刘洪涛主编.

北京:石油工业出版社,2012.6

ISBN 978-7-5021-9016-3

I. 大…

II. ①刘… ②刘…

III. 油田开发-大庆市-文集

IV. TE34-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 067866 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010) 64523735 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2012 年 6 月第 1 版 2012 年 6 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:19

字数:485 千字

定价:65.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《大庆葡萄花油田开发技术实践与认识》

编 委 会

主 任：万贵春 孔繁华

主 编：刘洪军 刘洪涛

副主编：张 柏 马士平 梁乃成 韩光鹤

委 员：宋 彪 许万利 王建勤 田会丰

魏喜志 师海军 田 荃 江 华

焦景莲

目 录

油 气 地 质

薄差油层预测技术在窄薄砂体油田的应用	刘卿 贾福麒 (3)
葡南油田扶余油层精细沉积相研究	房克荣 (8)
基于模型的地震反演在薄砂岩储层预测中的应用	陈春丽 (13)
葡北油田断层发育特征与侧向封闭性研究	邱 雪 (19)
太南滚动区葡萄花油层增储潜力研究	冯德英 (28)
敖南油田茂 6—茂 202 区块储层特征再认识及增储潜力评价	闫志刚 (36)
典型多期次水下分流河道内部储层非均质性建模方法探讨	向传刚 (42)

测 井 测 试

特低渗透扶余油层油水层测井解释技术研究	蒋成刚 牛小希 (51)
影响台肇地区分层测试合格率原因分析及治理方法	卢艳春 (63)
浅谈注水井测试资料周期缩短原因及其影响	谷春艳 (69)
注水井联动测试技术在大庆外围低渗透油田的应用	韩文超 张丹丹 赵明礼 (73)

油 藏 工 程

敖南油田超薄砂体油藏水平井优化设计方法研究	齐 婧 (81)
葡南扶余油层裂缝分布对水驱开发效果的影响	孟玉娟 (88)
高含水期水驱油藏合理提液的实践与认识	冯德伟 葛树新 (94)
葡北油田南部区块高含水井堵水界限研究	梁 晶 (100)
注采井联合对比的分析依据与方法探索	贾自林 (105)
扶余油层小井距开发技术分析	王居荣 (108)
利用周期注水技术改善台 105 区块开发效果的可行性探讨	高铁珊 姜晓东 (113)
台肇钻控区油井产量变化规律与认识	王红 高铁珊 (117)
油田中高含水期剩余油挖潜方法及效果	高俊芝 (122)
裂缝性低渗透油藏注采系统调整技术探讨	王爽 (128)

采 油 工 程

特低渗透油层层内自生 CO ₂ 吞吐技术研究	邹春雷 张艳艳 王爽 (139)
新型机械式储能装置的设计	张丹丹 韩文超 张艳艳 (143)
低渗透油田碱土复合段塞深度调剖技术	倪玉伟 孟庆胜 郭丽丽 (146)

注水井环保型洗井技术可行性探讨	张丽 郭丽丽 孙房勇	(152)
敖南油田水平井水力喷射分段压裂可行性探讨	侯志东 曾志林 张传华	(157)
敖南油田水平井分段压裂完井初探	曾志林 张丽 侯志东	(161)
大跨距两套层系低渗透油田开采技术	罗先强	(165)
一种新的井口带压作业装置设计	王睿	(171)
水平井冲砂工艺技术设想	谢芳	(175)
水井投捞疑难问题分析及解决措施	张晓磊	(179)
浅论防喷脱接器在中小级抽油泵上的应用	陈泽光 何玉君 张晓磊	(184)
采油井油套环形空间防盗油技术应用效果分析	孙永进 张晓辉	(188)
提高抽油机井系统效率的探讨	方蕾	(192)
台肇地区低产低效井治理措施研究	宋庆芳	(198)
敖包塔作业区注水井浅层套漏的几点认识	谢桂君	(202)
大跨距葡扶分层注水技术研究	邹春雷 刘隽炜 黄书生	(206)

地面工程

单管深埋冷输技术在外围油田的应用与评价	陈向武 蔡永春 邓辉	(213)
葡北油田地面系统调整改造的认识	邓辉	(218)
葡北油田集输系统优化运行效果及分析	邓海平	(224)
全过程提高第七采油厂注入水水质的技术探讨	彭秀娥	(228)
葡一联注水工艺流程改进技术与应用	刘晓云 郭英林	(232)
环停掺水常温集输应用界限探讨	王国光	(235)
配电网中电能损耗分析及降损措施	张命勇	(241)
葡二联变电所避雷器、线路变压器烧毁原因及预防措施	陈静	(247)
浅谈水源热泵在油田中的应用	谭智	(251)
机采井多参数整体优化技术在葡萄花油田的应用与评价	任怀丰 吕连亮	(256)
大庆油田电网谐波污染的研究与防治	付艳玲	(260)
电伴热集油流程在敖包塔作业区的应用评价及节电规律探讨	王继辉	(265)

信息工程

管道腐蚀与防护信息系统的现场应用	王恩颖	(273)
第七采油厂企业网地址优化研究	杨帆	(278)
计算机蜜罐技术在油田企业网中的应用	张余	(285)
基于三维视图的导航系统研究与应用	迟超	(290)
第七采油厂服务器监控模型的研究	佟音	(295)

油 气 地 质

薄差油层预测技术在窄薄砂体油田的应用

刘卿¹ 贾福麒²

(1. 大庆油田有限责任公司第七采油厂地质大队; 2. 大庆油田有限责任公司第七采油厂第二油矿)

[摘 要] 在窄薄砂体油田外扩挖潜探索实践过程中发现,无论是基于模型的宽带约束反演,还是多参数岩性地震反演,都对井网密度有较高要求,在钻井稀少、地质认识较弱的外扩区,难以建立准确细致的地质模型,储层砂体预测精度难以保证。因此,根据窄薄砂体发育特点,在原始地震反射的波阻抗反演数据体基础上,利用自然电位曲线对砂泥岩识别明显、深侧向电阻率曲线对含油性判别较好的特点,利用地质统计和建模技术,采用序贯高斯模拟方法并同位协同波阻抗反演结果进行自然电位和深侧向电阻率体的岩性模拟,建立储层岩性预测模型。模拟结果的地质统计特征与原始数据的统计特征相符,用新完钻的29口井对预测结果进行了验证,砂体预测厚度符合率达82%,表明该套技术能够较好地解决窄薄砂体油田储层横向预测难题。

[关键词] 砂体 深侧向电阻率曲线 地质统计 随机建模 砂体预测

1 引言

葡萄花油田葡一组油层砂体发育窄小且分布零散,以窄薄砂体为主,单层厚度不小于2.0m的砂层钻遇比例仅为10.3%,而单层厚度小于1.0m的砂层钻遇率达到67.1%,平均单层厚度为0.91m。纵向上不同相带沉积物交互分布,平面上不同类型砂体的几何形态、连通状况、微相展布规模、微相间物性差异等变化极大,储层的层内、层间和平面非均质性都比较严重,井间储层预测及确定油水分布状况难度大,导致该区域内布井挖潜风险较大^[1]。

目前进行精细储层描述的两种方法主要为精细沉积相研究及测井约束地震反演,但两种方法在应用中均存在局限性。

1.1 精细沉积相带图存在的局限性

精细沉积相带图作为精细地质重要研究成果,是油田开发及动态调整的基础资料之一,在高含水开发阶段,对寻找剩余油、保持油田的可持续发展起着重要作用^[2],但在进行储层描述及各项动态措施分析时,无法在剖面 and 空间上分析砂体的接触关系及沉积相连通状况^[3],只能在二维空间上进行分析,使精细沉积相带图在油田开发中的作用受到了限制。

1.2 地震反演技术存在的局限性

尽管三维高分辨率地震资料可以在三维空间内对砂体进行预测和描述,进行测井约束稀

作者简介: 刘卿,男,1974年出生,大庆油田有限责任公司第七采油厂地质大队,高级工程师,从事油藏评价、开发等工作。

疏脉冲波阻抗反演后的反演数据体纵向分辨率虽有较大提高,但由于受地震分辨率的影响,也只能反映砂层组的空间展布特点^[4]。

2 “窄、薄、散”砂体油藏的储层砂体预测技术

针对以上问题,提出了利用融合多种储层描述技术并结合已开发区内的各种井资料及地质情况,精细储层描述,提高砂体预测精度。地震数据含有空间分布广泛、丰富的岩性和物性信息,平面分辨率高,但并不能直接获得表征地层岩性特征的物理学参数,且垂向分辨率不高;测井数据具有很高的垂向分辨率,但仅能测量井附近的地层信息^[5]。通过信息融合,利用地质统计学的方法结合这两种不同尺度的数据,应用地震波阻抗反演数据作约束进行测井数据的地质统计岩性反演^[6],兼顾了井数据所提供的垂向的细节和波阻抗模型提供的井间储层的复杂性和非均质性,提高窄薄砂体预测精度。

窄、薄油田内井资料丰富,地震资料较丰富,在忠实于原始地震反射的波阻抗反演数据体基础上,针对自然电位曲线对砂泥岩识别明显、深侧向电阻率曲线对含油性的判别较好的特点,结合构造建模和小层精细划分和对比,采用序贯高斯建模方法并同位协同波阻抗反演结果进行自然电位和深侧向电阻率体的岩性模拟,实现以测井数据为硬数据,地震反演数据为软数据的随机模拟^[7],建立储层岩性预测模拟体。

2.1 三维构造模型建立

首先进行网格优选设计,根据沉积相解释结果,工区内的砂体形态一般为枝状、断续条带状及席状,砂体横向变化快、规模小,其中砂体延伸长度一般为300~1200m、宽度100~250m、厚度0.5~3.0m。同时考虑工区的面积及网格的数目,葡北模型网格的设计:平面网格大小为50m×50m,纵向网格间隔为0.2m。构造模型由断层和层面模型组成,断层模型是根据地震解释和井资料校正的断层文件,建立断层在三维空间的分布;层面模型反映的是地层界面的三维分布,将地震解释的地层层面数据和测井分层数据相结合,建立葡I顶和11个小层底共12个层面的三维层面构造模型。用断层面切割地层层面,叠合后即地为地层格架模型。

2.2 数据分析和模拟计算

(1) 据取心分析和四性关系分析发现,自然电位、深侧向电阻率分别与渗透性砂岩储层和油层有很好的对应关系,在波阻抗与自然电位、深侧向电阻率曲线的交会图(图1)上,自然电位、深侧向电阻率曲线与波阻抗反演数据相关性较好,其相关系数分别为-0.7和0.75。

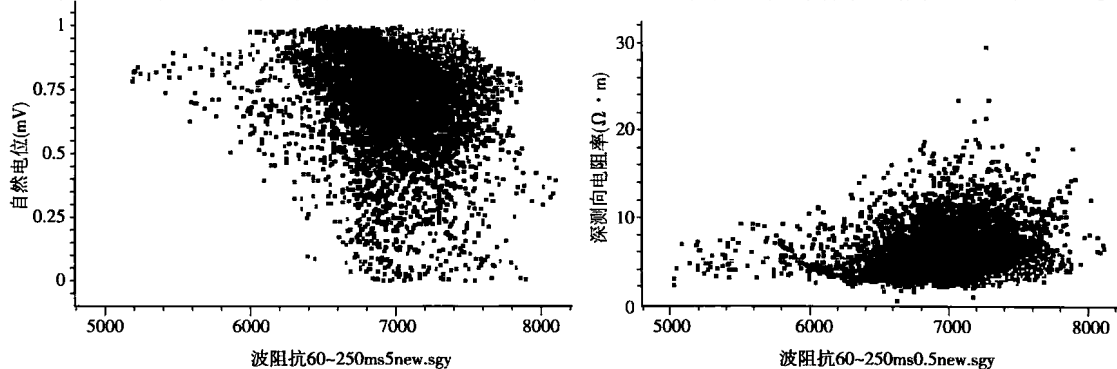


图1 波阻抗与自然电位、深侧向电阻率曲线的散点图

(2) 变差函数是区域化变量空间变异性的一种度量,反映空间变异程度随距离变化的特征。变差函数是克里金技术以及随机模拟中的一个重要工具,它强调三维空间上的数据构形,从而可定量地描述区域化变量的空间相关性,即地质规律所造成的储层参数在空间上的相关性。根据地质认识和测井曲线值的分析,确定了测井曲线在平面和垂向上的变差函数(图2)。

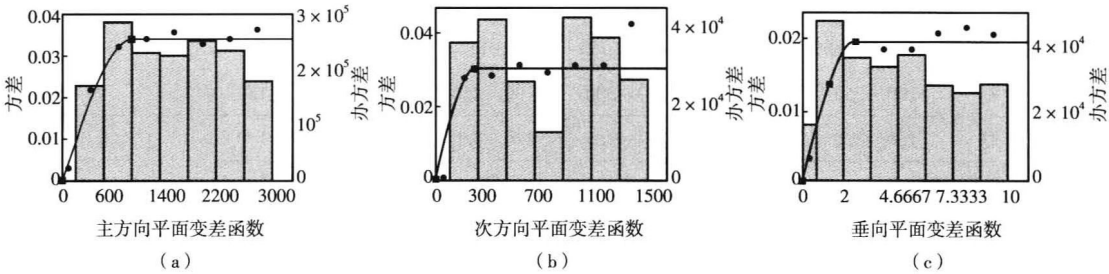


图2 葡一组油层平面和垂向变差函数

(3) 根据目的层段的开发程度、沉积相和砂体分布特征,将井数据作为硬数据,地震波阻抗作为软数据进行宏观约束,以测井数据与波阻抗数据的相关系数为协同因子,采用序贯高斯模拟和同位协同克里金方法,对葡北油田的11个小层进行深侧向电阻率、声波时差和自然电位数据体模拟(图3)。

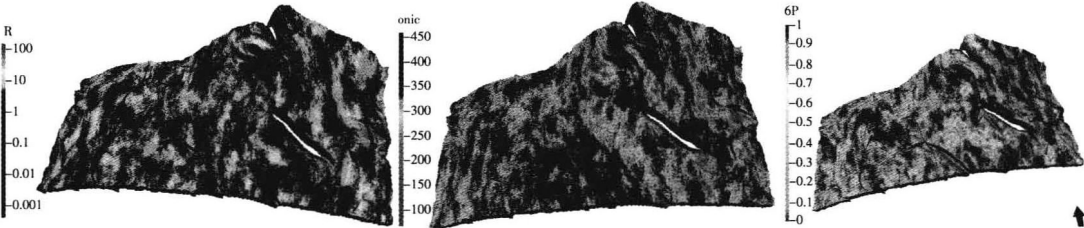


图3 深侧向电阻率、声波时差及自然电位模拟数据体

2.3 随机模型不确定性评价

随机模型不确定性评价是储层建模中的一项重要内容。随机模型有效描述储层参数空间分布的连续性和不确定性,利用随机模拟的多个等概率实现进行统计分析,可以得到反映随机模型不确定性的概率模型^[8]。

针对葡北油田岩性模拟参数的不确定性,采用等值概率分析方法进行评价,即通过计算某一点处参数值大于某一值 z_0 的概率:

$$P_0 = \{z_i > z_0\} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

式中 P_0 ——某一点处大于某一值的概率;
 z_i ——模型中某一点处参数值;
 z_0 ——模型中某一点固定值。

对于 n 个随机模型 $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ 中的任一点,给定目标值 z_0 ,计算所有点上的 P_0 ,可得到 z_0 在所有模型上出现的概率分布。

根据概率分析和储层情况,模型优选时选择与本区储层分布规律符合较好的几个实现(表1),平均后作为砂体解释的地质模型。通过沿层切面和不同方向的过井剖面综合分析,认为所建模型总体上与现有的地质认识有很好的 consistency,储层分布表现出一定的规律性。

表 1 沉积相解释结果与随机模拟各实现的砂体分布状况对比表

类别		沉积相 解释结果	随机模拟结果					
			实现 1	实现 2	实现 3	实现 4	实现 5	实现 6
砂体 形态		枝状、断续条 带状	枝状、 条带状	条带状、 坨状	枝状、断续条 带状	条带状	断续条带状、 片状	枝状、断续条 带状
砂体 规模 (m)	长	300 ~ 1200	290 ~ 1180	310 ~ 1050	280 ~ 1150	320 ~ 1100	250 ~ 1080	310 ~ 1200
	宽	100 ~ 250	120 ~ 260	140 ~ 300	100 ~ 250	130 ~ 260	180 ~ 340	90 ~ 240
	厚	1.0 ~ 3.0	1.0 ~ 3.0	1.0 ~ 2.5	1.0 ~ 3.0	1.0 ~ 3.0	1.0 ~ 3.0	1.0 ~ 3.0
符合程度			高	中	高	较高	中	高

2.4 模拟结果分析

经对模拟数据与原始测井数据对比分析,模拟结果的地质统计特征与原始数据的统计特征相符(图 4),模拟结果能够体现砂层和油层的分布。

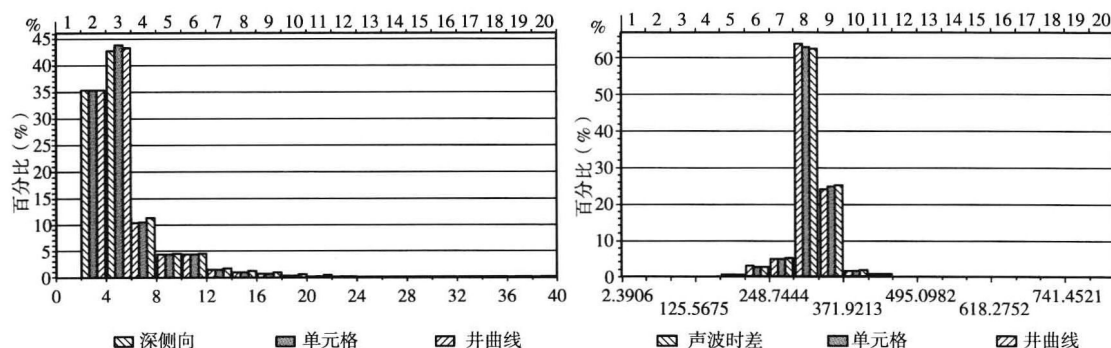


图 4 葡北深侧向电阻率模拟和声波时差模拟数据与原始测井数据的分布统计图

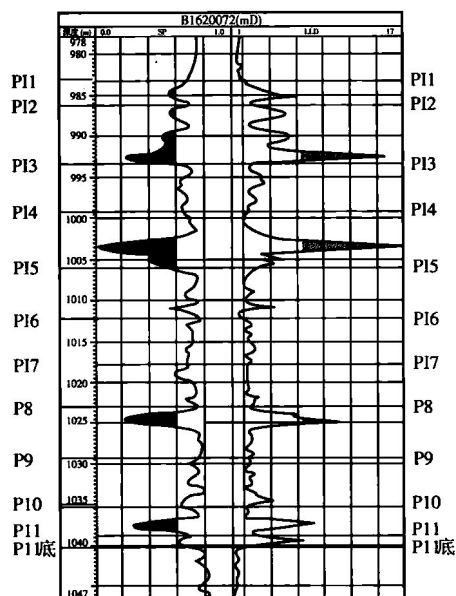


图 5 葡 92-82 井测井曲线特征

3 砂体解释

3.1 砂体解释方法

葡一组油层砂体较薄,直接在自然电位和深侧向岩性模拟体上追踪砂体顶底较困难,也不够精确。在具体的砂体解释过程中,首先统计钻遇目的层井的自然电位和深侧向电阻率范围值,结合测井曲线解释标准,确定出砂层和油层的门限值,砂岩储层的自然电位上限值取 0.6mV,深侧向电阻率下限值取 $10\Omega \cdot m$ (图 5),有效厚度深侧向电阻率下限值取 $14.5\Omega \cdot m$,同时利用声波时差扣高阻夹层,根据此标准选择出模拟体中的渗透性砂层和油层,计算各小层的砂岩厚度和有效厚度,做出各层的砂岩等厚图和有效厚度分布图。

3.2 砂体解释结果

应用上述方法,对葡北油田南部葡一组 11 个小层砂体厚度进行预测,从油层组、砂层组和小层砂体厚度图上可以看出,研究区渗透砂体分布具有如下特征:

(1) 葡北砂岩在剖面上顶部和中部发育较厚,砂体在 P12、P4、P5、P6 和 P8 小层发育较厚,在平面上工区东部和中部比西部砂岩更发育,呈北北西向条带状。

(2) 从油层组、砂层组和小层有效厚度图上看,研究区有效砂体分布特征是:预测有效厚度在中部和东北部都较大,而西部预测有效厚度较小,说明西部油层发育概率较低。这和已钻井结果一致。

4 储层预测结果应用及评价

利用新完钻的 38 口井钻遇厚度资料对储层预测结果进行评价,符合率的评价标准为厚度相对误差在 $\pm 30\%$ 以内。砂岩厚度符合率达 82%,有效厚度符合率为 54%,预测厚度与实钻厚度吻合较好,表明该技术对薄差储层预测适用性较强。

5 结论

(1) 地震数据含有空间分布广泛、丰富的岩性和物性信息,平面分辨率高,测井数据具有很高的垂向分辨率,因此利用信息融合技术融合测井、地震及地质统计学等各种方法,可以提高窄薄砂体预测精度^[9]。

(2) 利用地质统计学的方法并结合地震测井数据,应用地震波阻抗反演数据作约束进行测井数据的地质统计岩性反演,兼顾了井数据所提供的垂向的细节和波阻抗模型提供的井间储层的复杂性和非均质性。

(3) 利用地质统计学方法,使用井作为硬数据,地震反演体作为软数据,进行同位协同岩性随机模拟的尝试,结果表明,该方法可较好的预测薄砂体的空间分布,但对于有效厚度的预测精度不能估计过高。

参考文献

- [1] 李茂林,等.油气田开发地质基础 [M].北京:石油工业出版社,1981
- [2] 刘丁曾,等.大庆油田勘探开发研究论文集 [M].北京:石油工业出版社,2000
- [3] 方凌云,万新德.砂岩油藏注水开发动态分析 [M].北京:石油工业出版社,1998
- [4] 刘雯林.油气田开发地震技术 [M].北京:石油工业出版社,1996
- [5] 陈立官.油气测井地质 [M].成都:成都科技大学出版社,1990
- [6] 姚逢昌,李宏兵,周学先,等.测井约束地震反演技术在油田开发中的应用 [M].北京:石油工业出版社,1996
- [7] 余国义,王根久,穆龙新.利用三维地震数据减少地质统计模型的不确定性 [M].石油勘探与开发,2003,30(4):56-57
- [8] 曾玉康.计算机应用基础 [M].北京:石油工业出版社,1998
- [9] 梅启太,师永民,王庆国.大庆长垣南部葡萄花油层储层预测技术与应用 [M].大庆石油地质与开发,2000,19(4):8-9

葡南油田扶余油层精细沉积相研究

房克荣

(大庆油田有限责任公司第七采油厂地质大队)

[摘要] 运用高分辨率层序地层学,结合地震、地质、测井资料,对葡南油田扶余油层进行层序地层划分与对比、沉积物源方向分析以及储层精细描述3方面研究,将扶余油层纵向上细分为12个小层、25个沉积单元,平面上细分为3种亚相、4种沉积微相。应用精细研究成果,结合砂体连通关系,对扶余油层进行了主力油层的优选,并以此为依据进行射孔及压裂方案的编制,为葡南油田扶余油层经济有效开发奠定了基础。

[关键词] 扶余油层 精细沉积相 层序 主力油层

1 引言

葡南油田扶余油层属于“低丰度、低孔、特低渗透”的岩性—构造油藏。区内断层发育,油层非均质性强、砂体厚度薄、平面及纵向变化大且连通条件差,复杂的地质特征导致葡南油田扶余油层开发动用难度较大。针对这一特点,对葡333-463区块,采用更适合陆相地层层序分析的高分辨率层序地层学理论及其技术方法,开展层序地层学特征和精细沉积相研究,分析各类型砂体的成因特征、时空展布规律,预测有利砂岩储层分布。

2 层序地层划分与对比

高分辨率层序地层学理论的核心是:在基准面旋回变化过程中,由于可容纳空间与沉积物补给能量比值的变化,相同的沉积体系域或相域发生沉积物的体积分配作用,导致沉积物的保存程度、地层堆积样式、相序、相类型及岩石结构发生变化;这些变化随其在基准面旋回中所处的位置和可容纳空间而变化;通过研究控制等时地层单元的基准面旋回变化,建立等时地层格架,找出等时地层单元内部地层的结构型式以及岩性岩相的分布规律。

2.1 关键界面的识别

将青一段底部油页岩以下与下伏灰绿色泥岩作为扶余油层顶界的岩性界限分界,将油页岩的底作为标志层进行全区对比。在青一段底部三组高阻以下最低值划为电性界限,在该处声波时差曲线出现拐点,自然伽马曲线亦有明显显示。

根据葡333-463区块扶余油层主力层岩性的韵律特点及实际收集资料,选择的测井曲线以自然伽马、自然电位、电阻率(或深浅侧向)为主的测井系列,确定地层中期和短期基准面旋回。

作者简介: 房克荣,女,1980年7月生,2004年毕业于中国石油大学(华东)石油工程专业,大庆油田有限责任公司第七采油厂地质大队攻关队数值模拟岗,工程师。

在钻井、测井综合层序地层分析的基础上，在葡 333 - 463 区块扶余油层主力层共识别出：

(1) 3 个层序界面，从下到上依次命名为 SB₁、SB₂、SB₃：SB₁ 位于扶二组底界（F II 5 底部），扶二组底界有一个明显的泥岩电阻率低值；SB₂ 位于扶二组顶部（F II 1 底部），自然电位曲线较平直，自然伽马和电阻率曲线呈现明显的箱形或钟形；SB₃ 大致位于扶一组内部（F I 4 中部），自然电位曲线略具起伏，自然伽马和电阻率曲线呈现明显的箱形或钟形。

(2) 3 个较大的最大湖泛面，自下而上分别命名为 f₁、f₂、f₃：f₁ 位于扶二组内部（F II 2 中部）的泥岩段内，f₂ 位于扶一段内部（F I 4 和 F I 5），f₃ 位于扶余油层顶部，为一套黑色、灰黑色泥岩发育段。

2.2 层序地层划分与对比

高分辨率层序地层划分能够反映单井点纵向上沉积基准面的变化、沉积物类型与厚度变化以及沉积体系的变化等。为了进一步了解各层序在侧向上的分布特点及规律，在单井层序研究的基础上进行了多井对比分析，即连井层序剖面对比。选取过井剖面，主要遵循了以下几点原则：(1) 选取资料比较齐全的井；(2) 兼顾主要构造单元；(3) 在不同井区之间连接时尽量与主要断层垂直；(4) 小区域内部井间连接尽量避开断层等。在此基础上我们共选择 8 条骨干连井大剖面（图 1），根据识别出的各层序界面特征和上述旋回划分原则，并通过时深转换、储层反演分析等手段进行井—震对比，与钻井层序的划分和对比相结合，进行层序地层界面与湖泛面的追踪对比与闭合，建立了葡 333 - 463 区块扶余油层层序地层对比格架（图 2）。

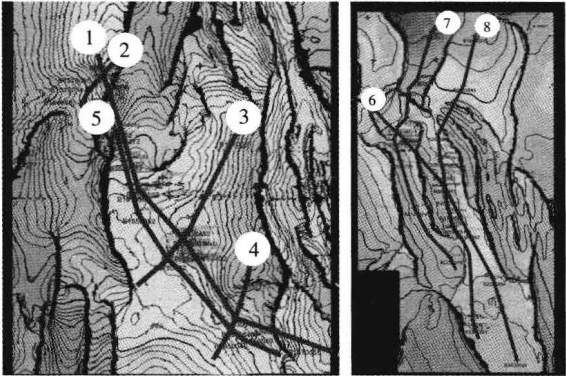


图 1 区域层序地层骨干大剖面分布位置图

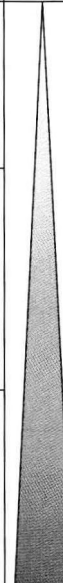
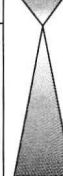
油层	小层	岩性剖面	中期旋回	旋回性质	层序界面	中期旋回样式	短期旋回样式	长期旋回样式	沉积性质						
F I	F I 1		MSC ₃	上升半旋回为主的不对称旋回	f ₃				分流间湾、席状砂、河口坝为主	河流三角洲前缘					
	F I 2				SB ₃										
	F I 3		MSC ₂	上升半旋回为主的不对称旋回	f ₂				水下分流河道、席状砂、分流间湾为主						
	F I 4														
	F I 5														
	F I 6														
	F I 7														
F II	F II 1		MSC ₁	上升半旋回为主的不对称旋回	SB ₂				分流河道、决口扇、决口河道分流间洼地为主	河流三角洲平原					
	F II 2				f ₁										
	F II 3														
	F II 4														
	F II 5				SB ₁										

图 2 葡 333 - 463 区块扶余油层主力层层序划分方案

在以钻井、测井为基础的层序地层关键界面识别上，将葡 333 - 463 区块扶余油层主力层划分的一个二级层序（长期基准面旋回）的内部，进一步划分出大约 3 个三级层序，建立了葡 333 - 463 区块扶余油层主力层层序地层对比控制网，自下而上命名为 MSC₁、MSC₂、MSC₃。

3 沉积物源分析

分析葡南油田扶余油层重矿物组合特征，北部物源沉积体系重矿物绿帘石含量较高，与讷河—依安沉积体系重矿物组合相一致；西部物源沉积体系重矿物以锆石和白钛石为主，与白城—英台沉积体系重矿物组合相近；西南物源沉积体系重矿物以磁铁矿、锆石和石榴子石为主，与保康沉积体系重矿物组合相一致（表 1）。

表 1 松辽盆地泉头组沉积体系与葡南地区重矿物分布对比表

松辽盆地			葡南地区 q4 重矿物含量（%）					葡南地区 q3 重矿物含量（%）				
沉积体系	物源方向	重矿物组合	锆石	白钛石	磁铁矿	石榴子石	绿帘石	锆石	白钛石	磁铁矿	石榴子石	绿帘石
拜泉—青冈	东北	磁铁矿—锆石—磷灰石	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
讷河—依安	北部	锆石—绿帘石—磁铁矿	38	25	5	4	5	7	2	0.3	2	13
齐齐哈尔	西北	磁铁矿—锆石	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
白城—英台	西部	锆石—磁铁矿—绿帘石	51	13	0	3	2	45	7	0	2	2
			56	25	4	2	3	39	26	5	6	4
保康	西南	磁铁矿—石榴子石—锆石	40	16	4	18	2	16	9	56	6	1
怀德—九台	东南	石榴子石—锆石—磁铁矿	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

4 精细沉积相研究

扶余油层作为葡南油田葡 333 - 463 区块的主要目的层段，目前扶一组划分为上、中、下 3 段，扶二组划分为上、下两段，由于钻遇的地层厚度较大，但砂体厚度薄且分布不集中，砂体平面变化较快，纵向上好差层交错分布，因此需要对扶余油层进行精细小层划分和对比。

4.1 单元细分

在现代沉积理论指导下，根据区块的沉积旋回和地层特性，将扶余油层自下而上划分为扶一、扶二、扶三 3 个油层组（扶三组在该地区不发育），5 个砂岩组，12 个小层，细分为 25 个沉积单元（表 2）。

表 2 扶余油层单元划分结果

油层组	扶一组												扶二组												
砂岩组	1 - 3						4 - 5			6 - 7			1 - 2				3 - 5								
小层	1		2		3		4		5		6		7		1		2		3		4		5		
沉积单元	1 ₁	1 ₂	2 ₁	2 ₂	3 ₁	3 ₂	4 ₁	4 ₂	5 ₁	5 ₂	6 ₁	6 ₂	7 ₁	7 ₂	7 ₃	1 ₁	1 ₂	2 ₁	2 ₂	3 ₁	3 ₂	4 ₁	4 ₂	5 ₁	5 ₂

4.2 沉积微相分析

在单元细分与对比的基础上, 综合应用岩相划分和电性划分结果进行油层沉积微相划分和平面组合。扶余油层属松辽盆地大型坳陷前期一套水退至水进式浅水河流—三角洲沉积体系, 发育三角洲前缘亚相和三角洲分流平原亚相, 河流发育方向为北东—南西向为主 (表3)。

表3 扶余油层沉积相划分结果

油层组	沉 积 相		沉 积 单 元	砂体平面展布特征
	亚相	微 相		
扶一组	水进型三角洲前缘相	水下分流河道、分流河道间砂体、分流间透镜状砂	$1_1、1_2、2_1、2_2、3_1、3_2、4_1、4_2、5_1、5_2、6_1、6_2$	条带状、断续条带状或坨状
	过渡相	分流河道、水下分流河道、分流间透镜状砂、分流河道间砂体	$7_1、7_2、7_3$	砂体多呈宽的条带状展布, 以复合砂体沉积为主
扶二组	稳定型三角洲分流平原相	分流河道、分流河道间砂体、分流间透镜状砂	$1_1、1_2、2_1、2_2、3_1、3_2、4_1、4_2、5_1、5_2$	条带状或坨状展布, 以复合砂体沉积为主

5 精细沉积相研究成果的应用

5.1 优选主力油层

在对扶余油层钻遇率及钻遇厚度分析的基础上, 综合考虑单砂体厚度及发育规模, 确定主力油层划分标准为钻遇率不小于70%、单砂体厚度不小于2.0m。葡333井区的主力油层为FⅠ7、FⅡ4层, 葡463井区的主力油层为FⅠ4、FⅡ1、FⅡ3层。此外, 根据精细沉积相研究成果, 依据砂体发育规模及与水井连通状况, 确定单层厚度不小于2.0m的局部井区及单井组的油层为主力砂体。

5.2 指导射孔选层工作

应用葡南扶余油层精细沉积研究成果, 在认识了储层非均质性及主力层分布规律的基础上, 结合砂体连通关系, 确定了扶余油层射孔和压裂原则: 为了保证扶余油层新井的初期产能, 位于分流河道微相上的主力油层全部射开并压裂; 为了使扶余油层持续有效地开发, 将位于分流浅滩微相上的非主力油层与水井连通层射开, 作为接替层, 注水开发后期进行压裂; 为了缓解平面矛盾, 位于分流间透镜状砂微相上的油层暂缓射孔; 为了完善注采关系, 将油井与水井连通层全部射开。

6 结论

(1) 通过对葡333-463区块内扶余油层基准面旋回的研究, 以及关键界面的岩性、电性特征的识别追踪, 把研究区内扶余油层划分为3个三级层序, 纵向上主力油层主要发育在层序界面附近, 且横向砂体连通性较好, 其中中部的层序地层储层砂体最为发育, 是主要含