

王再山 张成木 主编 ■ ■ ■

大庆长垣东部

低渗透油田开发技术探索与实践文集

上册 油藏工程与信息工程



石油工业出版社

大庆长垣东部低渗透油田开发技术 探索与实践文集

(上册 油藏工程与信息工程)

王再山 张成木 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书分为油藏工程与信息工程和采油工程与地面工程上、下两个分册，精选了大庆长垣东部即第八采油厂“十五”期间优秀科技论文，内容涉及精细油藏描述、特低丰度超薄油层水平井开发技术、特低渗透扶杨油层注气开发和有效动用、地面工程优化配套工艺技术以及油田开发综合信息平台建设等。

本书可供从事油藏工程、采油工程、地面工程和信息技术人员以及有关大专院校的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

大庆长垣东部低渗透油田开发技术探索与实践文集/王再山，
张成木主编.—北京：石油工业出版社，2006.9

ISBN 7-5021-5716-6

I. 大…

II. ①王… ②张…

III. 低渗透油层—油田开发—大庆市—文集

IV. TE348-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 107002 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.cn

发行部：(010) 64210392

经 销：全国新华书店

印 刷：河北天普润印刷厂

2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本：1/16 印张：34.5

字数：872 千字 印数 1—700 册

定价：90.00 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

《大庆长垣东部低渗透油田开发技术 探索与实践文集》

编 委 会

主 编：王再山 张成木

副主编：王德金 卢东风 姜洪福

编 委：罗中华 姬生柱 沈宝明 王 同

纪宝君 刘云秀 刘云燕 侯维前

徐晓娟 单春燕 吴北光 刘 渤

张 财 刘显庠 齐云阶 张百军

王庐峰 许庆军 程志学 彭启忠

孙 宏 郭军涛 王庆莲 杨 雷

管丽华 冯 俊 董春燕 曹宇静

李晓霞 张宏艳 艾春江 卢红梅

前 言

适逢“十一五”开局之际，大庆油田有限责任公司第八采油厂组织编写了这本凝聚了全厂广大科技工作者心血的《大庆长垣东部低渗透油田开发技术探索与实践文集》一书，旨在总结“十五”期间油田开发与科技创新所取得的经验与成绩，以开启“十一五”油田开发的新局面。

几年来，全厂广大科技人员发扬大庆精神、铁人精神，开拓创新、挑战极限，坚持以经济效益为中心，围绕油藏科学评价、难采储量有效动用、老油田递减控制和配套开发技术等油田开发重点工作，开展了广泛而深入的技术管理与科技攻关，在精细油藏描述、特低丰度超薄油层水平井开发技术、特低渗透扶杨油层注气开发和有效动用、地面工程简化优化配套工艺以及油田开发综合信息平台建设等方面均取得了丰硕的成果。而今汇集于此书，既是全厂优秀科技成果的集中展示，又是全厂科技精英的精彩写照。

希望本书的出版会带给广大外围油田科技工作者以新的启发与思考，为外围低渗透油田持续有效发展，为创建百年油田做出更新更大的贡献！

编 者
2006年8月

目 录

油 藏 工 程

肇州油田扶余油层分支水平井技术研究	高兴友	康德权	彭承文	(3)
三维地质建模技术在水平井地质设计及导向中的应用	田彩霞	宋 静	于洪杰	(10)
复杂岩性油藏储层微型构造研究	曹海涛	黄德利	范彩匣	(15)
肇州油田储层建模技术及应用研究			郭 峰	(21)
核磁共振技术在低渗透油层中的应用	金久玲	范彩匣	张守国	(26)
宋芳屯油田构造特征及油水分布规律的认识	郭军涛	黄德利	高丽馥	(32)
试采资料在低渗透油田中的应用	崔云华	韩宏英	范彩匣	(39)
宋芳屯油田葡萄花油层未动用储量的地质认识及开发对策	袁 勇	艾立岩	张庆斌	(45)
葡萄花油层注水压力变化规律分析及应用			鞠晓光	(50)
已开发区块减缓产量递减的对策	罗士利	罗中华	赵冬梅	(56)
葡萄花油层地层压力分布规律研究			郭 新	(62)
油藏注水压力合理界限探讨			张云春	(67)
单采扶余层油井补孔时机的确定	吴 燕	韩 丽	柳跃鹏	(74)
微生物采油效果分析			艾立岩	(81)
肇州油田肇 60 - 54 井区整体压裂试验研究			李忠华	(87)
注水井酸化增注适应性分析			高 瑞	(94)
外围东部葡萄花油层注入水水质标准研究			鞠海澜	(100)
新投区块注水井提捞排液效果及认识			韩祥慧	(103)
Landmark 地震解释系统在油田开发中的应用	彭承文	高兴友	杨永辉	(108)
吸水剖面资料在研究油田剩余油分布中的应用			李秀娟	(114)
葡萄花油层深度调剖技术的探讨			杨绩伟	(120)
注入水对地层的伤害程度研究			王凤祥	(124)
肇州油田水平井布井方式探讨	张铁富	孙允志	王洪喜	(130)
低渗透油田地层流固耦合特征及对策			邓振峰	(136)
注水井套管损坏原因分析及预防	张 财		张春丽	(141)
升南试验区井网调整技术研究	修玉霞	赵 庆	王春刚	(146)
升平油田含水上升规律分析	刘凤龙	姚玉庆	赵海英	(152)
高含水井关井对油田开发效果的影响		张春丽	董春艳	(157)
永乐油田州 183 区块注采系统调整探讨	余 磊	李晓霞	韩 丽	(161)
影响永乐油田肇 113 井区注水开发效果的主要因素分析	郑 伟	纪丰金	张 波	(167)

信息工程

ORACLE 数据库性能的优化	单春燕 (175)
建立科学的 ORACLE 备份体系 确保数据中心安全、高效运行	管丽华 (181)
基于模糊神经网络的剩余油分布研究	杨位民 田芳 孙世梅 (189)
三维地质综合信息可视化系统设计技术	孙士梅 初宗荣 (195)
通过访问控制列表 (ACL) 实现网络管理	刘毅 (200)
对 Delphi 的认识	丛立华 (207)
磁盘阵列的数据存储技术优势及在第八采油厂应用的前景分析	陶胤兴 (210)
构建完善的电脑防御体系确保网络安全	关丽伟 (216)
软件工程思想在软件开发中的应用	于春生 聂晶 (220)
油田虚拟电子政务系统技术创新与应用	贾少飞 (224)
关于 Java 中类的加载机制的探讨	车斌 李晓霞 孔令达 (231)
提高计算机安装速度方法研究	杜彦章 高凤贤 姜春梅 (238)
单机安全设置及病毒的多维查杀	徐蕾 (243)
关于采油厂信息化方向和思路的看法	于海燕 施国俊 杜春燕 (249)
基于多层分布式结构作业方案网上签阅系统的研究	姜兆辉 李宏彦 韩宏英 (253)
Geomedia 功能模块在地面信息系统中的应用	刘丽 (259)
生产动态信息系统在油田生产管理中的应用分析	李春娟 (263)
利用 PowerBuilder 9.0 访问 ORACLE 数据库的生产数据查询系统在油田开发中 的应用与研究	刘铁 齐云阶 宋旭东 (266)
大庆外围油田网络防雷技术的研究	宋旭东 齐云阶 王宏喜 (270)
信息管理在汽车维修管理方面的应用	胡晓东 李晓伟 张超 (279)

油 藏 工 程

肇州油田扶余油层分支水平井技术研究

高兴友 康德权 彭承文

摘要 大庆油田第八采油厂所辖油田属于大庆外围“三低”油田，开发的目层主要为葡萄花油层和扶余油层，未动用储量主要分布在扶余油层。扶余油层储层发育差，具有低孔、低渗、低丰度的特点，扶余油层未动用储量的有效开发动用一直是困扰油田开发的难题之一。本文主要应用开发地震技术，结合钻井、测井、试油、沉积相等资料，通过细致描述肇州油田芳483区块扶余油层的构造特征，预测扶余油层内部单砂体的分布形态、厚度和展布范围，为设计扶余油层分支水平井提供地质依据，积极探索有效开发扶余油层的新思路。

关键词 开发地震；扶余油层；水平井

1 问题的提出

大庆油田第八采油厂目前已探明扶余油层含油面积 322.3km^2 ，地质储量 $12529 \times 10^4\text{t}$ ，截至2006年仅动用含油面积 10.2km^2 ，地质储量 $574 \times 10^4\text{t}$ ，动用率仅为4.6%，剩余未动用含油面积 312.1km^2 ，地质储量 $11955 \times 10^4\text{t}$ ，占全厂总未动用储量的54.9%。扶余油层未动用储量主要分布在肇州油田、宋芳屯油田和永乐油田，其中肇州油田扶余油层探明地质储量为 $8011 \times 10^4\text{t}$ ，占全厂扶余油层探明地质储量的63.9%，未动用储量为 $7810 \times 10^4\text{t}$ ，占全厂扶余油层未动用储量的65.3%。由于扶余油层具有低孔（孔隙度12%）、低渗（空气渗透率小于 $2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ）、低丰度（储量丰度 $40.5 \times 10^4\text{t}/\text{km}^2$ ）、低流度 [$(0.02 \sim 0.4) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 / (\text{mPa} \cdot \text{s})$] 等特点，使扶余油层束缚水饱和度高，驱油效率低，存在着启动压力梯度（平均 $0.079\text{MPa}/\text{m}$ ），平均可动油饱和度仅为14.07%，导致开发过程中存在新井投产初期产量递减快、注水受效缓慢、产能恢复程度低、稳定产量低，开发效益较差，扶余油层储量的有效动用一直是困扰油田开发的难题之一。自从2002年第八采油厂葡萄花油层采用水平井钻井以来，截至2006年已完钻16口水平井，取得了较好的钻井效果，获得了较高的砂岩钻遇率，平均砂岩钻遇率55.9%，已投产水平井14口，平均投产初期产油 $17.8\text{t}/\text{d}$ ，平均产油 $8.3\text{t}/\text{d}$ ，创造了较好的经济效益，为扶余油层水平井的钻井开发提供了经验。本文主要是应用开发地震技术，结合已有的地质资料，在肇州油田芳483区块扶余油层设计分支水平井，为有效开发扶余油层探索一条新思路。

2 拟布井区油藏地质特征

截至2006年，拟布分支水平井井区共有42口油水井，其中33口采油井（单采扶余油井13口），水井9口（单注扶余水井4口），平均单井有效厚度9.3m。1999年11月投产，同步注水方式开发，初期平均单井日产油5.5t，采油强度 $0.59\text{t}/(\text{d} \cdot \text{m})$ ，前三年平均单井产油1330t。目前单采扶余油井日产量0.4t，水驱控制程度67.4%，综合含水7.5%，未见

到注水效果，产量变化特征符合弹性开采规律。

2.1 构造特征

肇州油田位于黑龙江省肇州县境内，构造位置处于松辽盆地北部中央坳陷区三肇凹陷的西南部，跨肇州北构造群和肇州鼻状构造两个三级构造单元。芳 483 井地区位于肇州鼻状构造下倾部位的东翼，该区总体上为北东方向倾斜的斜坡，各层构造形态基本一致，工区内断裂发育，断层呈条带状展布，主要有近南北走向和北北西向与近东西走向三组断裂，其中近南北向断层长期继承性发育，切割北西向和近东西向断层，断层性质均为正断层，断层解释 82 条，其中 T_2 反射层共发现和落实圈闭 26 个，面积 14.31km²。

2.2 储层特征

该区块扶杨油层属于下白垩系泉头组四段和三段地层，地层厚度比较稳定，油层埋深 1700.2~2175.0m，是一套以河流—浅水三角洲沉积标志为主的岩性组合。其中扶余油层分 F I、F II、F III 三套油层，F I 发育 7 套砂体，F II 发育 5 套砂体，F III 发育 5 套砂体，Y I 和 Y II 两套油层组部分井点有砂体分布。本区主要储层为分流河道砂体、点坝、天然堤及砂质浅滩等，形状多呈透镜状、短条带状，河道方向主要为东北—西南向，区内断层发育。本区扶杨油层油水关系主要受砂体规模及其断层关系的影响，表现为上油下水。F I 油层组为纯油层，F II 及 F III 油层组发育水夹层，油底变化较大，为岩性油藏。本次拟布分支水平井地区的造斜点大约处于青山口组青二段地层中，该地层 SP 曲线平直，为黑色泥岩，是较好的生油岩和盖层。拟布井井口位置距州 2 井大约 85m 左右。表 1 和表 2 所示分别为芳 483 井区扶余油层有效钻遇率表和扶余油层储层发育情况表。

表 1 芳 483 井区扶余油层有效钻遇率统计表

项 目	有效厚度钻遇率 (%)																
	F I							F II					F III				
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
小井距加密井	0	30	80	60	70	10	100	10	0	0	10	20	10	0	30	0	40
原井网合采井	31	31	28	72	66	13	75	16	9	3	31	3	0	0	9	3	6
目前井网合采井	23	30	41	69	67	12	81	15	8	2	25	8	2	0	15	2	15

表 2 芳 483 井区扶余油层储层发育情况表

项 目	井数 (口)	平均单井 含油砂岩厚度 (m)	平均单井 有效厚度 (m)	平均单井 有效厚度层数 (个)	平均单层 有效厚度 (m)
小井距加密井	10	16.6	13.2	5.3	2.5
原井网合采井	30	15.6	8.8	4.8	1.8
目前合采井	40	15.9	10.1	4.9	2.1

从表中可以看出，扶余油层的砂体主要分布在 F I 油层组各小层内，有效钻遇率较高，砂体发育比较稳定，能够满足水平井的需要。本区各油层组均有砂体分布，砂体规模较大的有 F I 5、F I 7。F I 5 号层砂体北西—北东方向，砂岩厚度大于 4m 的区域主要分布在肇 42—251—肇 43—251—肇 44—25 一带和肇 43—261—肇 45—27—肇 46—26 一带；F I 7 号层在本区砂岩最发育，且砂岩厚度较大，砂体主体部位厚度达 6m 以上，最厚处在肇 45—27

井附近, 达到 11.2m, 呈东北—西南方向分布。

F I 5 号层平均单井含油砂岩 3.1m, 平均有效厚度 1.6m, 平均单井有效厚度层数 0.66 个, 平均单层有效厚度 2.4m; F I 7 号层平均单井含油砂岩 3.8m, 平均有效厚度 2.3m, 平均单井有效厚度层数 0.8 个, 平均单层有效厚度 2.9m。F II 油层组在州 2 井以南地区较发育, F III 油层组呈零星分布。

3 应用开发地震技术, 搞好扶余油层水平井地质设计

3.1 精细的地震资料处理, 为分支水平井的构造解释和岩性解释提供基础

由于该区块的地震资料处于 1997—1998 年度采集的杏山北工区和 2001—2002 年度采集的杏山南区块的结合部位, 有地震资料不满覆盖的区域, 这会影响到构造解释和岩性解释的精度。为此, 对两个区块的地震资料进行了重新处理, 以扶余油层为主要目的层, 采样率间隔为 1ms, 处理后的面元为 $25\text{m} \times 25\text{m}$, 地震资料主频比处理前提高 10Hz 左右。在处理过程中主要采用了真振幅恢复、地表一致性振幅补偿、地表一致性反褶积、PR 分裂有限差分三维一步法偏移等处理技术, 保证了地震资料较高的信噪比和分辨率。全区 65 口井合成地震记录与地震资料相关系数大于 0.85 的井有 58 口, 也证明了地震资料处理的准确性。

3.2 精细的构造解释, 为分支水平井的着陆点和钻井轨迹的最终确定提供保障

在水平井的钻井过程中, 构造解释的精度直接关系到钻井轨迹设计的成功与否。在葡萄花油层水平井的钻井过程中, 实际着陆点与设计一般相差 2m, 最小相差不足 1m, 构造倾角与钻井实际情况相吻合, 为水平井的成功着陆与在葡萄花油层内部的穿行提供保障。

在精细构造解释方面, 除了采用常规的地震解释, 又采用了相干体断层识别技术和三维可视化技术。相干体断层识别技术能够快速、准确地识别断层。在实际解释过程中, 将相干数据、时间切片与剖面解释相结合, 真正实现断层的三维空间解释闭合。这种解释方法在断裂系统复杂的地区作用和效果十分显著。它不仅能使断层尤其是小断层的解释准确可靠, 而且在断点的闭合上突破了二维解释的局限, 沿层相干数据切片, 对断层的平面组合有重要的指导作用。三维可视化技术通过对各种属性体做透明度等调整, 突出所需要的特征, 在构造解释中有独特的作用。通过对常规数据体、相干数据体的可视化以及解释结果的立体显示, 可以对工区内的断裂模式、构造格局及沉积特征有更加全面的理解和认识, 指导层位和断层解释。

本次研究区域的面积为 71km^2 , 解释网格密度为 $4\text{m} \times 4\text{m}$, 在水平井布井区域解释网格为 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 。本区共解释断层 82 条, 断层延伸方向主要为南北方向, 其中小井区内断层主要分布方向为北北西向。全区是由 6 条大断层控制的地堑、地垒相互切割的构造格局, 全部断层进行命名解释和空间闭合, 为今后进一步的地质建模打下了良好的基础。

3.3 精细的岩性解释和砂体追踪, 为分支水平井的钻井轨迹提供参考依据

岩性预测技术是油气田勘探开发的重要手段。它利用地震和测井资料追踪储层的横向展布, 预测储层的岩性变化和横向连续性, 为精细描述储层的深度、厚度、物性等参数提供依据。本次岩性预测采用的是适合不同勘探开发阶段的反演系统。它包含了从勘探早期到开发阶段的不同反演模块, 如直接递推反演、多井约束稀疏脉冲反演、随机地质统计反演和序贯高斯模拟反演。该软件提供了一套优秀的地质建模系统, 使反演更有地质意义, 它能够充分利用地震、测井和地质资料建立反映沉积体特征的初始模型。根据地震解释结果, 依照沉积

规律，建立一个地质框架结构，在地质框架结构的控制下，将测井数据进行合理的内插外推，产生一个平滑闭合的阻抗模型，由稀疏脉冲反演和道合并产生最终的反演结果。

3.3.1 基础资料的准备及整理分析

通过对工区内 65 口井的测井资料、试油资料、开动态资料和岩石物性资料进行分析，由于每口井的测井时间不同，所选用的测井仪器的型号也不尽相同，加上井身结构及泥浆性质的差异，使得相同层段、相同岩性的地层在不同井的测井曲线中的基值有所不同，需要对井数据进行归一化处理，对那些有较大偏差的测井曲线进行校正，得到了一致性较好的测井数据。

经过对地震数据的分析，为了不丢失薄层信息，达到识别扶余油层薄砂层的目的，在反演之前对原始地震数据进行从 1ms 到 0.5ms 的重采样处理，进一步提高地震资料的分辨率，为识别扶余油层的薄砂体提供保障。

3.3.2 子波估算及综合地震、地质标定

层位标定是地震反演的基础，贯穿于地震解释和储层预测工作的全过程。合成地震记录作为连接井和地震的桥梁在层位标定中至关重要。子波的好坏直接影响合成地震记录的精度，同时子波提取和合成记录标定又是一个循环反馈的过程，两者相互制约、相互检验。

子波估算是地震反演中的关键问题之一，因为反演结果对子波的变化非常敏感，子波的微小变化，都可能引起反演结果的较大改变。正确的子波估算是获得高精度反演结果的前提。对所有的子波进行加权处理，最终得到的子波为正极性子波，子波主频为 45Hz，在有效频带内基本为零相位，以其作为全区的反演子波。

3.3.3 地质模型的建立

本反演系统是一套基于模型的反演系统，为了减少反演结果的多解性，需要建立尽可能接近实际地质情况的波阻抗约束模型。建立波阻抗模型的过程实际上就是在精确可靠的标定和层位解释的基础上，把地震信息与测井波阻抗信息结合起来的过程。

对 65 口井的扶一段顶面、扶二段顶面、扶三段顶面和扶三段底面进行了统一分层，在层位精细标定的基础上，利用 Landmark 地震解释软件追踪对比了和上述地层对应的 T_2 、 T_{22} 、 T_{24} 、 T_{26} 四个地震反射层，为储层预测提供了较精细的地质模型。

T_2 ：相当于扶余油层顶面反射，为一单轴、强振幅反射同相轴，中低频，全区稳定连续。青一段大套泥岩区域分布稳定，其底部的油页岩与下部泉头组河流—浅水三角洲相砂泥岩，形成一强反射界面。本次处理的剖面为正极性剖面，因而 T_2 反射界面为强的正反射同相轴，为本区重要的标志层。与上覆青一段地层整合接触，视频率 50~60Hz，反射时间 1260~1460ms。

T_{22} ：相当于扶余油层二砂组顶面反射，为一中振幅、断续—连续反射同相轴。工区东南部反射较连续，北部为弱到中振幅，连续性差，反射时间 1350~1540ms。

T_{24} ：相当于扶余油层三砂组顶面反射，中频、断续—连续的中到强振幅反射特征，反射时间 1380~1570ms。

T_{26} ：相当于杨大城子油层顶面反射，中频、断续—连续的中到强振幅反射特征，工区东南部反射连续性较好，反射时间 1410~1610ms。

在以上四层控制的基础上，在 T_2 和 T_{22} 之间标定追踪 T_{2a} 、 T_{2b} 、 T_{21} 3 个反射层，在 T_{22} 和 T_{24} 之间再标定和追踪 T_{23} 反射层，在 T_{24} 和 T_{26} 之间追踪解释 T_{25} 反射层解释，用于“井

震”结合砂层组划分对比和储层预测。

3.3.4 反演结果

常规的约束稀疏脉冲反演得到的是包含中低频的波阻抗数据，不能满足薄层精细描述的需要，尝试通过高频分量的补充和波阻抗体与电阻率体、自然伽马体之间的转换可提高反演结果对储层的描述精度。

在本次的反演处理过程中，采用了随机反演的方法。这是因为该方法只应用地质模型来控制地层结构和划分模拟单元，对初始模型依赖不强，通过数据的概率分布函数和变异函数来描述储层地质统计学特征，反演结果符合地质规律；随机模拟和随机反演处理过程中可以用反演波阻抗数据或地震数据约束，实现了地震和地质的结合。其主要步骤是：①首先依据构造解释结果建立三维地层网格，利用井数据和地质认识来确定各层的地质统计学参数。②从井出发进行序贯高斯模拟，产生多个等概率分布的波阻抗模型。③利用模拟退火等算法进行地震反演，最终得到多个合成地震记录和地震吻合、井点处和井一致、符合地质统计规律的波阻抗模型。

由于内插模型不可能是完全正确的，高频分量来自井内插波阻抗模型，只能在井比较多，地层比较平缓的情况下，适当补充高频分量。扶余油层常规井约束稀疏脉冲反演得到的绝对波阻抗最高频率为 65Hz，通过反复试验，最终从波阻抗模型中将 65~90Hz 部分补充到反演波阻抗数据体中，得到频带为 0~90Hz，分辨率有一定提高又区别于初始模型的阻抗体。

用 65 口井的自然伽马曲线、电阻率曲线和波阻抗做相关分析，自然伽马曲线和波阻抗相关系数为 0.73，电阻率曲线与波阻抗相关系数为 0.862，自然伽马以及深三侧向电阻率和波阻抗相关性比较好。因此可以在波阻抗体约束下进行自然伽马和电阻率属性模拟，能取得较好的反演效果。

首先通过相关分析建立波阻抗和自然伽马、波阻抗和电阻率之间的关系，

其转换公式分别为： $RT = 1.28453 \times 10^{-6} \times \text{Impedance} - 5.36602$

$$GR = -1.22043 \times 10^{-6} \times \text{Impedance} + 229.98$$

其次是通过上述公式，将稀疏脉冲得到的反演相对波阻抗数据体转换为电阻率数据体和自然伽马数据体；最后将井内插电阻率体和自然伽马体中的低频和高频部分补充进去，得到频带为 0~90Hz 的电阻率和自然伽马数据体。

在反演的过程中，为了验证反演结果的可靠性，我们采取了保留部分已知井的方法，即去井前后反演剖面对比，可以看出两种结果在砂体分布范围和规模是一致的，只是值的大小、厚度上略有差异。

3.4 裂缝分布规律研究

根据现今应力场模拟结果计算有效张应力、张破裂概率值，绘制出有效张应力等值图以及张破裂概率分布图来分析州 201 井区的裂缝分布规律。扶余油层在州 101 井、州 2 井附近以及州 402 井区、肇 401 井附近有效张应力值最大，其相应的张破裂概率值也比较大，相对其他地区而言，其裂缝更为发育，在州 401 井及州 3 井以北有效张应力值、张破裂概率值较低，裂缝不发育。

3.5 利用地质建模技术，设计分支水平井钻井轨迹

应用地质建模软件，首先将地震解释结果加载至地质建模软件中，其中包括地震解释的时间域油层顶面构造数据和断层资料，利用建模软件三维可视化高的优势，对层面和断层数

据质量控制,保证了较高的构造精度。然后根据三维地震数据体中断层的位置、倾向以及断层间搭接关系建立断层模型。以层面、断层为格架,进行构造格架的三维网格化,结合完钻井深度校正各油层顶面构造图,建立构造模型。并将井点钻遇砂体情况作为一种属性,建立砂体属性模型,在层位模型、断层模型和砂体模型的多重控制下,确定水平井钻井轨迹。

4 确定分支水平井钻井轨迹

4.1 水平井目的层确定原则

- (1) 充分考虑水平井对储层砂体的最佳控制方式,实现水平井对储量资源的最大利用。
- (2) 油层发育且分布稳定,油水关系清楚。
- (3) 考虑水平井与直井注采关系协调,保证水平井较长时间的稳产。
- (4) 要综合考虑两个分支,最终确定钻井平台。

根据以上原则,在精细油藏描述基础上,确定了肇42-支26井的目的层是FI5和FI7号层,其中第一分支为FI7号层,发育3套砂体,FI7₁与FI7₂砂体隔层厚度为1.7~1.9m,FI7₂与FI7₃砂体隔层厚度为1.3~1.5m,该井水平段以FI7₂为主,FI7₁号层水平井段构造变化范围-1710m至-1715m,预测有效砂岩厚度变化范围2m至3m;FI7₂号层水平井段构造变化范围-1715m至-1720m,预测有效砂岩厚度变化范围1m至3.5m,FI7₃号层水平井段构造变化范围-1715m至-1724m,预测有效砂岩厚度变化范围1m至2m。根据实际钻井情况,可适当钻遇FI7₁和FI7₃号层;另一分支为FI5号层,水平井段构造变化范围-1688m至-1697m,预测有效砂岩厚度变化范围1.5m至3m。依据这两个砂体设计肇42-支26井的钻井轨迹。

4.2 井位设计

水平井设计的地质依据:

- (1) 州2—州211井区扶余油层顶面构造落实清楚,地层较平缓,井区内断层不发育。
- (2) 州2—州211井区FI5和FI7砂体相对发育,储层油水关系简单,为纯油井段。
- (3) 数值模拟预测结果认为,一口水平井可代替3~5口直井产量,在钻井成本有效降低的条件下,经济风险相对较小。
- (4) 根据直井钻井资料,有效降低了水平井钻井风险。

根据以上原则,在三维立体模型中设计了水平井轨迹,并在沿水平井轨迹剖面上分别拾取了靶点A、D和A'、D'。

4.3 部署结果

根据构造解释和岩性预测结果,肇42-支26井的地面坐标和靶点坐标见表3:

表3 肇42-支26井钻井轨迹各目标点预测表

目标点	横坐标	纵坐标	砂岩中部海拔深度 (m)	预测砂岩厚度 (m)
地面	21671238.3	5074851.9		
靶点A	21671336.07	5074628.0	-1719.8	4.0
靶点D	21671562.3	5074109.6	-1722.8	5.0
靶点A'	21671312.88	5074602.42	-1692.5	4.4
靶点D'	21671415.17	5074258.64	-1699.0	3.0

5 结 论

(1) 精细的针对扶余油层的地震资料处理有效地提高了地震资料的信噪比和分辨率，为构造解释和岩性预测提供了基础。

(2) 应用相干体断层识别技术和三维可视化技术进行断层解释和构造解释，能准确地描述地层的断裂特征、构造形态，为水平井的着陆点和钻井轨迹的确定提供准确的构造信息。

(3) 反演技术是综合地震、地质、测井的储层预测技术，应用反演技术进行岩性预测和砂体描述，准确地追踪单砂体的规模和展布形态，可保证水平井较高的砂岩钻遇率。

(4) 地质建模技术可建立层位、断层和砂体模型，指导水平井的成功着陆和轨迹运行。

参 考 文 献

- [1] 姚逢昌. 测井约束地震反演技术在油田开发中地应用. 北京: 石油工业出版社, 1996
- [2] 刘雯林. 油气田开发地震技术. 北京: 石油工业出版社, 1996
- [3] 吕延防, 付广. 油气藏封盖研究. 北京: 石油工业出版社, 1996
- [4] 姚逢昌, 刘雯林. 横向预测技术在储层研究中地应用. 石油地球物理勘探, 1991 (1)
- [5] 李庆忠. 走向精确勘探的道路. 北京: 石油工业出版社, 1993

三维地质建模技术在水平井地质设计及导向中的应用

田彩霞 宋 静 于洪杰

摘要 本文论述了三维地质建模技术在外围油田低丰度油层的应用。三维地质建模综合地震、测井、地质等多学科技术,全面、客观地反映拟布水平井区构造、储层特征,并将油藏构造与储层发育情况有机结合在一起,保证地质体结构的整体性。通过三维地质建模技术研究,加强了复杂油藏薄油层的早期评价力度,增强了油藏的透明度;根据三维地质模型优选有利水平井部位,设计水平井穿行轨迹;利用三维地质建模优化方法,建立三维储层展布模型,从而发挥了水平井钻井现场的地质导向作用。

关键词 地质建模;水平井;地质设计;地质导向

1 问题的提出

2002年第八采油厂开展了外围油田低丰度葡萄花油层水平井现场试验,实现了水平井在薄油层内水平穿行(油层单层平均厚度1m左右)。实验结果表明,要保证水平段在砂岩内的钻遇率就必须对地下储层有清晰的认识,特别是对薄油层的储层位置预测准确,是保证砂岩钻遇率的前提。以往建模都是确定性建模,对目的区内构造、储层发育状况预测功能较差。2003年后,在肇州油田州603、州11等钻水平井的区域建立了地质模型。通过首次在州603区块现场随钻应用,认为Petrel建模技术实现了地震、测井、钻井等多种技术的有机综合运用,能够清晰认识三维空间构造、断层的展布以及储层横、纵向的变化,优选薄油层水平井的钻穿层位和具体位置。钻井现场根据实钻结果实时完善模型,使决策者直观透视储层和井轨周围状况,发挥地质导向作用,从而可以降低风险,优化决策。

2 利用三维建模技术开展油藏评价

应用随机建模技术开展油藏构造形态、断层分布、沉积特征以及砂体规模研究,为水平井区做好早期油藏描述。

2.1 应用地质建模技术深化构造、断层研究

地质建模的基础与关键是构造建模。其思路是以区域地震资料为基础,通过周围完钻井实际资料对井严格标定,落实构造形态、断层走向、倾向、规模及组合断层在三维空间的展布,从而准确建立构造、断层模型。具体步骤:①将LandMark时间域地震解释结果加载到Petrel地质建模软件,它们只是离散的点、线或面;②建立断层模型,并用地震数据体对断层模型质量控制;③对目的工区网格化;④进行时深转换,并用完钻井海拔深度校正葡萄花油层顶面构造图,建立构造模型;⑤以葡I组顶面构造形态为控制,测井解释的各小层界限为依据建立各小层顶面构造模型(图1)。