ISSN 1008-9446
CN 13-1265/TE
承德石油高等专科学校学报
Journal of Chengde Petrolecum College
第5卷第2期, 2003年6月
Vol 5, No. 2, June 2003

吉林油田复杂构造油气藏配套勘探技术应用综述

马树权,* 赵忠臣

(吉林油田 勘探开发研究院, 吉林 松原 138001)

摘要: 针对吉林探区内复杂构造油气藏的地质特点, 开发应用高精度三维地震勘探技术、三维地震资料反演技术、压裂技术、预测技术、钻井配套技术, 发现了一个以复杂构造富集油气的亿吨级油田。

关键词: 复杂构造油气藏; 三维地震; 压裂; 油气水识别

中图分类号: P618.130.8 **文献标识码**: B **文章编号**: 1008-9446(2003)02-0007-04

Application of The Matchd Exploration Techniques for Complex Structural Reservoirs in Jilin Oil-field

MA Shu-quan, ZHAO Zhong-chen

(The Institute of Exploration and Development of Jilin Oil-Field, Sonyuan 138001, China)

Abstract: As to the geological features of complex structure, the matched exploration techniques have been developed and applied, and thousand-million-ton class oil reservoir, gathering oil and gas with complex structre, has been found.

Key words: complex oil and gas reservoir; 3D-seismic; fracture; oil-gas-water identification

随着勘探的深入, 吉林油田已经步入隐蔽性岩性油气藏的勘探阶段。面对新的形势, 油田分公司及时提出了新的勘探思路, 针对低渗、低产、低丰度砂泥岩薄互层岩性油气藏的地质特点, 通过深化石油地质规律研究, 积极探索、引进先进实用的主导勘探技术, 有效地解决了制约大面积、薄互层、具有"三低"特点的岩性油气藏勘探的"瓶颈"问题, 打开长岭凹陷的勘探新局面, 发现了具有规模效益的大情字井亿吨级油田, 吉林油田油气勘探工作取得了跨越式发展。

1 高精度三维地震勘探技术解决了复杂构造的识别

位于长岭凹陷腹部的大情字井地区地质条件复杂, 具有"三小多断"(小幅度、小断层、小断块、多断层)特点, 断裂发育, 含油储层厚度薄, 平面变化大, 油藏描述难度大; 二维高分辨率地震资料品质低、分辨率差, 满足不了对低幅度构造解释和储层预测的需要。经过精细论证, 决定在该区开展高分辨率三维地震勘探, 应用三维地震技术解决复杂断裂系统展布, 落实小幅度构造, 预测岩性变化。

由于从采集、处理、解释各个环节都进行了科学细致的设计, 并严把各工序质量关, 使得三维地震采集资料和处理成果资料的质量大幅度提高, 其中 T_1 波组的频带为 10～90 Hz, 主频 63 Hz, 最高为 70 Hz; T_2 波组的频带为 6～80 Hz, 主频为 56 Hz, 最高为 60 Hz, 明显高于原二维地震资料。主要目的层反射特征明显、断点清晰、层间信息丰富, 为精确的构造解释、岩性预测奠定了基础。

在构造解释过程中, 利用三维资料的优势, 利用人机交互解释系统快速、灵活的功能, 采用全三维解

* 收稿日期: 2003-01-17

作者简介: 马树权(1968-), 男, 吉林松原市人, 吉林油田勘探开发研究院工程师, 学士, 主要从事石油勘探研究。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

释技术,通过三维可视化立体解释,提高了解释精度;应用变速成图技术,提高了时深转换精度;利用相干数据体断层解释技术,提高了断层解释精度。在大情字井地区新发现了构造圈闭面积小于0.5 km^2、幅度小于7 m的一批局部构造圈闭。从二维、三维资料解释成果对比看,在T_1、T_2^*、T_2三个反射层,三维解释层构造圈闭80个,面积92.05 km^2;二维解释层构造圈闭34个,面积95.65 km^2;圈闭总面积变化不大,但个数增加了一倍,说明圈闭的落实精度更高;二维落实断层T_1、T_2分别为43条、58条,而三维分别为78条、135条。

2　三维地震资料反演技术提高了砂岩储层的预测精度

大情字井地区三维地震资料分辨率较高,主要目的层T_2波组以上经保真、保幅处理后,层间信息丰富,有利于进一步的反演工作。

测井多参数反演技术采用测井、地震特征、地质模型及其他的先进信息约束,建立了一套完善的非线性反演方法,可反演出自然电位、自然伽玛、电阻率等测井参数数据体。

在高保真处理地震资料的基础上,采用先进的地震—测井联合反演方法,对大情字井地区的主要目的层进行了砂体预测。经对比分析,能够识别出10 m左右的砂层,预测符合率可达到75%左右。通过对三维地震资料的反演,基本弄清了该区砂体平面的展布趋势。

大情字井地区油气控制因素以岩性为主,对储层描述的精细程度直接影响钻井的成功率。为更好地描述砂体的展布特征,采用动态钻井资料不断修正沉积微相和储层预测研究结果,进行储层滚动评价,既完钻一轮井重新刻划一轮砂体分布图,并指导下一轮的井位部署;如此反复,逐步揭示砂体的细微特征。通过近十轮的储层滚动评价,结合对油层分布规律的研究,基本圈定了主要含油层的范围,为提交规模储量打下坚实的基础。

3　压裂技术提高了大情字井地区单井产能

大情字井地区是大面积低孔、低渗岩性油藏分布区,其主要含油储层具有埋藏深(2 500 m)、厚度薄(2～5 m))、物性差、相带变化大、裂缝较发育等特点。不经过压裂,其自然产能很难达到工业油流。以往压裂改造中常出现压裂液滤失和脱砂现象,使压裂成功率低,加砂规模小,达不到设计规模;同时压裂液反排率低,对低渗储层造成伤害,也严重影响产能。通过技术攻关,在实践中逐步建立了一套适合低渗、薄互层储层特点的压裂改造配套技术。

3.1　降滤防脱砂工艺技术提高了压裂成功率

(a)二氧化碳泡沫压裂工艺技术

二氧化碳泡沫压裂液具有很好的携砂性能、很高的反排率,而且对于裂缝型储层具有很好的降低压裂液滤失的作用,可以提高压裂液的利用率,防止压裂时过早脱砂。入液量少、反排率高,在12 h可反排80%以上;常规压裂液在12 h内一般反排率为30%～40%。明显减少了压裂液在储层中的滞留时间,减轻了对油层的污染程度。

(b)细砂充填工艺技术

在前置液中加入一定浓度的细砂后,这些细砂在天然裂缝和水力裂缝相交处形成桥塞,达到控制压裂液向天然裂缝的滤失,同时还起到充填天然裂缝,增加泻油面积的作用;多余的细砂易被携带到缝尖处,提高了支撑裂缝的导流能力,而且细砂可摩蚀炮眼及缝口,减少其对压裂液的剪切,提高压裂液的携砂能力。该技术已在大情字井地区压裂过程中普遍采用,细砂用量一般在1～2 m^3,以0.2 m^3/min的速度加入。通过控制粉砂加入速度使与人工裂缝相沟通的天然裂缝得到完全充填,提高粉砂充填的有效性,提高砂比和压裂成功率。

(c)空心玻璃珠降滤措施

空心玻璃珠具有控制裂缝高度和降滤两种功效。对于天然裂缝发育的储层,压裂时在前置液中加入

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

一定浓度空心玻璃珠后, 在天然裂缝与水力裂缝相交处形成桥塞, 起到控制压裂液向天然裂缝的滤失。

3 2 速反排工艺技术降低了储层伤害

压裂后快速放喷以提高压裂液的反排率, 减少压裂液对储层的伤害, 同时可以避免支撑剂充分沉降, 使支撑剖面更加合理。

3 3 射孔与压裂工艺匹配技术

(a) 避射—降低射孔段厚度。降低近井眼地带多条裂缝同时破裂的可能性, 同时有利于控制缝高, 减少压裂砂的无效支撑, 防止水串。

(b) 扩射—增加射孔段厚度。对薄互层进行扩射, 采取大孔径、高密度、深穿透、低相位负压射孔, 可以有效降低破裂压力, 保证施工的顺利进行。

通过对大情字井地区应用上述压裂改造技术, 压裂成功率由原来的 35% (1999 年以前) 提高到目前的 95% 以上, 加砂量成倍增加, 反排率由 40% 提高到 70%～95% 以上, 单井产能大幅度提高, 产液量增加 220 倍。

4 先进的预测技术提高了油气水层识别精度

4 1 深入的岩石物理研究为低孔低渗复杂油层的流体识别奠定了坚实的基础。

针对大情字井油田复杂油水层解释难度大的情况, 通过加强孔隙结构、流体性质、岩电分析等岩心特殊实验研究, 见到了一定成效。根据对储层宏观和微观特征的研究, 并结合大量岩心特殊化验分析, 对储层按不同的孔隙结构进行油水层识别, 提高了油水层解释精度。

4 2 应用 5700 系列测井证实储层污染的存在, 采用泥浆侵入校正技术, 使解释精度得到大大提高。

大情字井地区受钻井周期和泥浆比重等因素的影响, 导致储层污染比较严重, 利用常规测井 (CL S3700) 无法准确判断侵入及定量描述径向侵入特征, 严重影响对该区油水层的识别。通过开展 A IT 阵列感应测井, 发现该区储层均不同程度受到钻井泥浆的侵入 (污染), 由于泥浆侵入油水层, 造成利用 CL S3700 系列中的电法测井解释油水层精度降低。

利用 A IT 阵列感应测井资料研究大情字井地区侵入特征, 发现泥浆侵入储层的浸泡时间越长, 侵入越严重; 储层物性越好, 侵入也越严重的规律。利用电阻率测井动态响应数值计算软件进行泥浆侵入反演, 发现无论油层、油水同层、还是水层, 随着钻井液浸泡时间的增长其双侧向和双感应电阻率变化均较复杂。泥浆侵入油层时, 双感应与双侧向电阻率都低于相对地层真电阻率, 下降从 1/2 到 1/10 不等, 油水同层电阻率下降幅度不大, 水层电阻率增加。

通过泥浆侵入校正后, 对油水层重新解释, 使解释符合率由过去的不到 50% 上升到 85% 以上, 并解放了一批油层, 如黑 76 井青三段 12 号层, 第一次解释为水层, 通过侵入校正后重新解释为油水层, 试油证实为高产油层 (油 23 m^3/d)。

4 3 薄互层校正技术的开发与应用, 进一步提高了大情字井地区油水层解释精度

大情字井地区长期处于三角洲前缘沉积环境, 特定的沉积环境形成了以薄互层为主的储集层, 受测井系列分辨率影响, 这一部分油层很难识别, 为此展开了薄互层校正研究工作, A IT 阵列感应测井中 1 英尺分辨率对薄互层的探测具有优势, 与 3700 系列测井对比: 储层厚度大于 2 m, 二者的测量值比较接近; 储层厚度小于 2 m 时, 差异较大。3700 系列深感应测井值受薄互层影响比高分辨阵列感应值低, 导致无法发现薄油层。通过高分辨阵列感应与 3700 感应建立相关关系, 用来对小于 2 m 的薄互层进行校正, 可以解决薄互层识别问题。

校正方程为: $R_t = 0.0173 \times R_{ild}^2 + 0.4762 \times R_{ild} + 9.601$。

经上式校正后, 有 16 口井的有效厚度增加了 1/10, 明显提高了储量丰度并发现了一些高产油层, 如黑 79 井的 30 号层, 校正前解释为水层, 经校正后解释为油层, 与 31 号层合适获高产油流。

上述技术在大情字井地区油水判别中的应用, 使测井解释精度得到明显提高, 2001 年试油获得率

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

达到65%,与2000年同期相比提高了10个百分点,为认识油层、发现油层、提交储量起到重要作用。

5 钻井配套技术加快了大面积岩性油藏的发现

针对以往钻井周期长、事故多、泥浆密度大的问题,近年来,开展了钻井配套技术攻关,取得了较好效果。

5.1 优化井深结构,提高井深质量,为后期固井、试油工作的顺利进行打下良好基础。

受长岭凹陷地质特点影响,在钻井过程中存在上缩、下漏、中间塌的难题,特别是在青山口组主要目的层段,井漏严重。通过技术攻关,选择合理的井深结构较好地解决了钻井过程中缩颈、井塌问题。表层采用Φ244.5mm/Φ241mm钻头钻至四方台组地层(通常在1 300m);再用Φ215mm钻头钻至设计井深,下入Φ139.7mm油层套管完井。通过强化钻井液的低失水、防塌作用,科学确定钻井液的密度,降低了主要目的层的井漏。一方面优化了井深质量,另一方面加快了钻井速度,第三降低了对油层的污染。

5.2 优选钻头类型,提高水力破岩能力,提高钻井速度,达到保护油层的目的。

长岭凹陷大面积低渗透储层具有低地层压力的特点,在钻井过程中要特别注意对油气层的保护。最直接的方法是提高钻井速度、缩短建井周期、降低浸泡时间达到降低污染、保护油层的目的。为提高钻井速度,一方面采用中长喷嘴的优化组合增加射流在井底的水功率和冲击力,达到水力和机械联合破岩效果;另一方面通过地层岩石可钻性技术预测,优选出适合在长岭凹陷钻探的HJT547钻头,实现了一只钻头完成下部硬地层的钻进任务,使该区探井的全井平均机械钻速由2000年的6.86m/h,提高至现在的8.02m/h,提高16.91%,平均缩短油层浸泡时间24m/h以上,降低了油层污染,保护了低渗透油层。

5.3 优化钻井液体系,提高了保护油气层的力度。

针对长岭凹陷钻井液滤失是造成储层伤害的主要因素,开展优化钻井流体系技术攻关,经钻井液与岩性、流体配伍实验,优选出两性离子聚合物体系、钾盐聚合物体系等钻井液体系,具有抑制性好、与地层配伍性好、滤失量低的特点,满足了对大情字井地区高台子油层储层的保护和钻井施工要求。同时采用屏蔽暂堵技术减少泥浆滤液及固相颗粒对储层的损害,达到保护油层的目的。

大情字井地区在勘探、开发的钻井过程中由于推广应用上述钻井工程技术,2000年以后完钻探井、开发井试油、试采产量与之前相比产液量有明显提高,并发现一批高并井,油层保护见到显著效果。

6 现代油藏描述技术展现了亿吨级储量规模

大情字井地区油藏描述的主要任务是针对该区大面积薄互层低渗透岩性油藏的复杂性,综合应用地质、物探、测井和试油等资料,查明构造、储层、油藏的变化特点,揭示出油气分布及油气富集规律,提交各级储量。

该区油气控制因素以岩性为主,因此油藏描述的关键是构造、沉积、储层、油水分布规律的具体描述。通过三维地震资料落实复杂断裂带的断层组合和低幅度构造形态,为油层分布规律的研究打下了基础。沉积、储层描述是大情字井地区油藏描述的重中之重,应用储层预测、结合钻井资料采取滚动评价的方法,一轮又一轮地逐步刻划砂体形态和分布规律,对井位部署、发现富集高产区十分关键。通过上述工作,得出了岩性、物体控制油气分布,低幅度构造、断层、相带控制富集高产的认识。进一步根据含油储层变化和油藏特点,细分计算单元,圈定含油范围,最终提交地质储量。通过现代油藏描述方法和先进的勘探技术,一个亿吨级规模的油田已经发现。

参考文献:

[1] 王永春. 松辽盆地南部隐蔽油气藏[M]. 北京:石油工业出版社,2001.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net