

乌里雅斯太凹陷南洼槽低渗透油藏勘探研究方法及勘探效果

杜维良^{1,2}, 肖 阳², 崔永谦², 刘喜恒²

1. 成都理工大学能源学院, 成都 610059

2. 华北油田地球物理勘探研究院, 河北任丘 062552

[摘要] 针对乌里雅斯太凹陷南洼槽储层物性差、非均质性强、油藏类型以岩性和地层油藏为主的低渗透油藏特点,以沉积储层为主要研究内容,通过层序地层学方法和储层预测新技术的应用,识别出多个不同时期、不同类型的砂体,圈定了砂体范围,预测了有利储层部位。在3年的勘探实践中,先后钻探了10余口探井,全部获得成功,勘探取得了重大突破。

[关键词] 二连盆地;低渗透;沉积体系;储层预测

[中图分类号] TE323, F213.6

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2007)13-0060-05

Method of Studies and Exploration Effects for Low Permeability Oil Reservoir in Southern Groove of Wuliyasitai Depression

DU Weiliang^{1,2}, XIAO Yang², CUI Yongqian², LIU Xiheng²

1. College of Energy Resources, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China

2. Geophysical Exploration Research Institute, Huabei Oilfield Company, Renqiu 062552, Hebei Province, China

Abstract: Considering the poor physicochemical property, its non-uniformity, and low permeability of mainly lithologic and stratigraphic pool of reservoir type in the southern depression of Wuliyasitai sag, the sedimentary reservoir is studied in this paper, using sequence stratigraphic methods and new technique of reservoir prediction. Many sandstone bodies of different periods and different types are identified, the range of the sandstone bodies is determined, and the reservoir position is predicted. In recent three years, ten wells were drilled with success.

Key Words: Erlian basin; low permeability; sedimentary system; reservoir prediction

CLC Numbers: TE323, F213.6

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2007)13-0060-05

0 概况

乌里雅斯太凹陷位于二连盆地马尼特坳陷东部,为夹持在巴音宝力格隆起和苏尼特隆起之间北东走向的单断箕状凹陷,长160 km,宽16~20 km,总面积2 500 km²。其中,南洼槽长70 km,宽16~20 km,面积1 100 km²,最大埋深3 500 m。钻探表明南洼槽油气资源丰富,具备有利的成藏条件,是油气勘探的重点地区。

1987年开始对该凹陷进行二维地震勘探,1988年在南洼槽首钻太参1井,在腾一段突破了工业油流关。

到2000年,南洼槽共钻探井15口,通过压裂试油,有7口井获工业油流,日产油2.8~10.1 m³,产量较低,勘探工作一直未获实质性突破。

南洼槽为典型单断箕状结构,结构简单,构造分异差,构造圈闭缺乏。沉积特征表现为多物源、近物源、粗碎屑、岩石成熟度低。油藏类型以岩性、地层油藏为主,储层物性差(孔隙度一般为8%~10%,渗透率一般小于1个毫达西),非均质性强,油水关系复杂,属于典型的低渗透油藏。

针对南洼槽低渗透油藏上述特点,2001年以来,笔

收稿日期: 2007-04-15

作者简介: 杜维良,河北省任丘市华北油田地球物理勘探研究院,高级工程师,主要从事石油地质综合研究;

E-mail: wty_dwl@petrochina.com.cn

者以确定有利储层部位、寻找高产富集区块为目标,强化层序地层学方法和储层预测技术的应用,深化沉积储层研究,经过 3 年的勘探实践,取得了重大突破。

1 主要研究方法

1.1 重新处理地震资料,提高资料品质

相对于构造解释,沉积储层研究需要更多的地震信息,因而对地震资料品质有更高的要求。根据沉积储层研究的需要,笔者对该凹地震资料进行了重新处理。处理后的地震资料质量有了较大的改善。主要表现为信噪比和分辨率均有了明显提高,地震信息丰富,地震地质特征清楚,断层断点干脆,岩性尖灭点易于识别。该资料不但能够提高构造精细解释的精度,也能够满足沉积储层研究的需要。

1.2 制作高匹配的合成记录,精细层位标定

层位标定是研究工作中最基础,也是最重要的工作。而制作与地震道高匹配的合成记录则是层位标定的关键。为此,笔者在本区合成记录的制作中,采用了以下几种方法和措施,提高层位标定的精度。

1.2.1 测井声波曲线进行环境校正

由于测井声波资料受不同仪器和井筒环境影响,会产生异常值,从而影响合成记录的精度。通过井眼校正、中值滤波等方法进行环境校正,提高测井曲线的质量,消除异常值。

1.2.2 提取合适的子波

以前,一般使用理想的雷克子波,使合成记录的精度较低。本次工作中,我们利用 Landmark, Strata 和 Isis 等软件制作合成记录工具,通过提取井旁道子波来制作合成记录。

1.2.3 进行井旁道的对比校正

由于地震处理时速度的选取和测井声波计算得到的速度有一定差距。因此在层位标定中,利用 Landmark, Strata 和 Isis 等软件,通过波形的拉伸和压缩提高合成记录和井旁道的符合率,同时求取准确的时深关系。

1.3 沉积体系研究,确定砂体类型

1.3.1 等时地层对比,建立层序地层格架

以不整合面为层序界面,以最大湖泛面对层序进行二分。在原地层分层的基础上,划分了 4 个三级层序,建立了等时地层格架。 Sq_1 相当阿尔善组, Sq_2 相当于腾一段, Sq_3 相当于腾二段, Sq_4 相当于赛汉塔拉组。这 4 个层序相当于湖盆演化的断初、断陷、拗陷、萎缩 4 个阶段。

通过等时层序对比,原分层得到了修正。根据自然伽玛曲线反映地层进积样、地震剖面上为一大不整合面等特征,将原腾一下段泥岩段划为阿尔善组。根据原腾一下段和原腾一上段两者之间界面为进积与退积的转换面,地震反射层为一大的上超面等特征,将原腾一下段划为腾一段、原腾一上段划为腾二段。

1.3.2 沉积体系研究,确定砂体类型

在湖盆演化的不同阶段以及每一阶段中沉积基准面上升和下降半旋回中,可容纳空间与沉积物供给速率都有很大的变化,因此也就造成了每一层序各具特色的沉积体系及砂体类型。该凹陷主要发育 3 种类型沉积体系。

1) 扇三角沉积体系

南洼槽缓坡带存在南北两大物源,形成了南北两大扇三角洲沉积体系,各个时期均有发育(见图 1)。

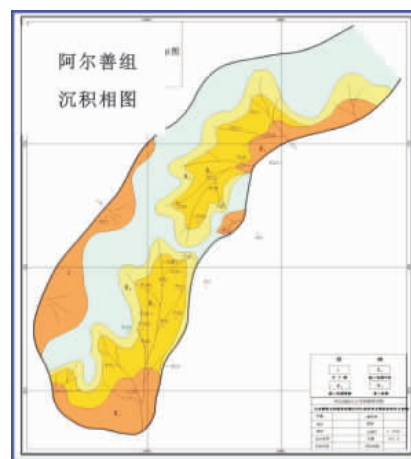


图 1 阿尔善组沉积相图

Fig. 1 Sedimentary phase diagram in the Arxan Formation

阿尔善组沉积时期为湖盆初断时期,湖盆较浅,水域较广,物源丰富,扇三角洲体系发育、扇三角洲砂体分布较广。

腾一段沉积时期为湖盆深陷期,陡侧边界断层强烈活动,湖盆深陷,缓坡相对翘倾,此期水体迅速加深,但物源供给不足,因此扇三角洲分布较为有限。

2) 湖底扇沉积体系

主要发育于腾一下段沉积时期。腾一下段沉积时期由于湖盆深陷、缓坡相对翘倾,在缓坡中段形成了控制沉积的坡折带,在坡折带以下发育了典型的木日格湖底扇沉积体系(见图 2)。目前在木日格构造腾一下段发现了自下而上各自独立的 5 期湖底扇砂体。各砂体平面上相互叠置连片,形成了整装储量规模较大的含油场面(见图 3)。

3) 近岸水下扇沉积体系

分布于陡坡南部,规模较小,砂体沉积特征主要表现为以砾岩、砂砾岩为主,分选差,磨圆度差,层理不发育等。

1.4 针对影响储层非均质性关键因素,预测有利储层分布

分析认为本区影响储层物性因素有储层的埋藏深度、母岩类型、沉积相带、储层后期改造等几个方面,而沉积相带、储层后期改造则是影响储层非均质性的关



图2 腾一段沉积相图

Fig. 2 Sedimentary phase diagram in the Arxan Formation

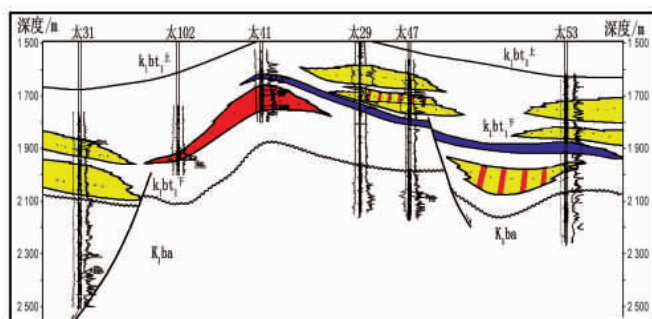


图3 油藏模式图

Fig. 3 The oil-pool pattern

键因素。因此,通过沉积相、侵蚀带的深化研究,可以预测有利储层的分布。

1.4.1 沉积相研究,确定有利相带

1.4.1.1 利用岩心、测井资料划分单井沉积相

利用岩心、测井资料划分了湖底扇内扇、中扇、外扇亚相及主沟道、辫状沟道微相,划分了扇三角洲前缘主水道、分流水道、楔状砂等微相。

1.4.1.2 利用地震信息确定有利储层分布

1) 地震相研究

通过地震反射的上超、下超、顶超、削截、地震异常体的外形内部反射结构等现象来识别砂体、圈定砂体范围。

在本区木日格构造上,由于砂体储层厚度大,变化快,因此在地震剖面形成丘状外形(见图4),在缓鼻状构造背景上表现为数个微型沉积构造。这些微型沉积构造基本反映了水下扇主水道的位置和储层发育区。

本区古地貌研究表明,斜坡带从高到低,存在多个补给通道,特别是在斜坡的中带。其地震外形表现为顶平底凹,而内部则充填平行、亚平行的弱反射,认为是

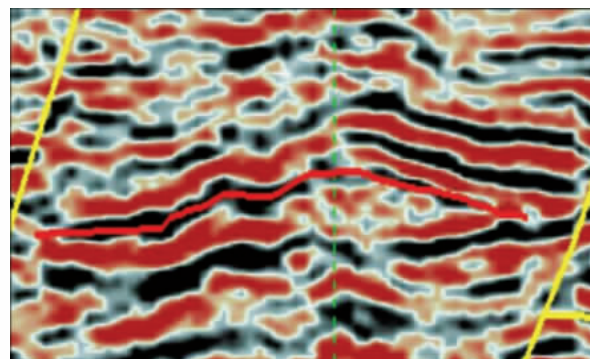


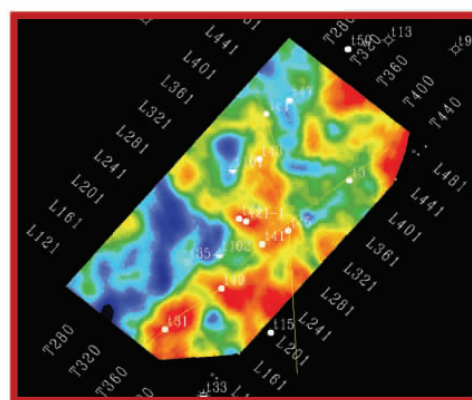
图4 反映湖底扇的地震剖面

Fig. 4 Seismic profile for sublacustrine fan

湖底扇水道充填的地震特征。

2) 地震属性提取

属性提取技术是沿目的层,在给定的时窗内,从地震信息中提取与岩性、物性和含油性有关的参数,如振幅、频率、相位、能量等参数,预测主要含油层系的岩性、物性及含油性的变化(见图5)。



3) 波阻抗反演

本区木日格油藏的储层单层厚度大, 并被上下大套的泥岩所夹持, 具备应用波阻抗反演技术的基础。本区主要采用了 Strata, Isis, Eps 等波阻抗反演方法。

反演结果表明, 本区腾一下段砂砾岩反映的高速层厚度变化较大。如太 x5 井腾一下段的 101 m 厚的砾岩储层在太 x01 井处变为低速的薄互层, 而向太 x02 井厚度变薄 (见图 6)。从波阻抗体的层拉平切片可以看出, 存在 4 个波阻抗高值区。和已知井结合, 分析其为储层发育区。这些区域刚好和波形分析及属性分析砂体发育区相一致。经新钻井证实, 预测的结果与实际情况吻合良好。

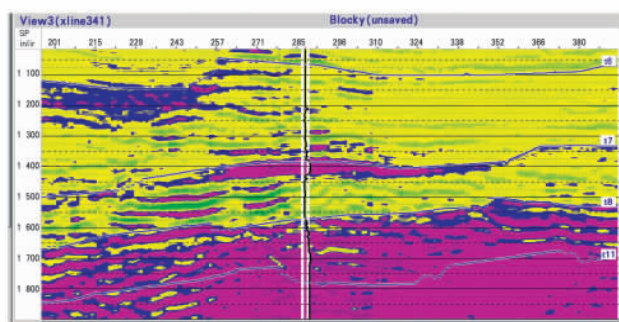


图 6 波阻抗反演剖面

Fig. 6 Seismic impedance section

1.4.2 研究阿尔善组剥蚀带, 圈定次生孔隙发育区

阿尔善组末期, 凹陷整体抬升, 使阿尔善地层在木日格和苏布鼻状隆起和斜坡带遭受明显剥蚀, 受后期淋滤作用的改造, 溶蚀孔发育, 储集物性变好。例如位于斜坡下部的太 x5 井 1 788~1 796 m 10 块样品岩心分析: 孔隙度为 7.8%~10.6%, 渗透率为 $0.126 \times 10^{-3} \sim 0.22 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 平均为 $0.2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$; 而位于斜坡上部的太 47 井 2 046~2 051 m 的岩心分析: 8 块样品的孔隙度为

7.9%~15.7%, 平均为 10.5%, 渗透率为 $1.94 \times 10^{-3} \sim 19.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 平均为 $9.6 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。在实际工作中, 可以根据地震剖面削蚀现象圈定次生孔隙发育区。

1.5 利用地震反演技术, 定量描述储层物性

利用 Eps 储层预测与解释系统, 对储层进行了定量描述。

1) 对地震数据体进行重采样, 使采样率达到 2 ms, 提高了地震资料的分辨率。

2) 选取对厚层砂砾岩体较为敏感的参数。通过对比研究发现, 该区砂砾岩体在波阻抗参数上有明显的响应特征, 无论从腾一下段砂砾岩、泥岩波阻抗参数分布图, 还是从井旁道波阻抗模型与录井岩性剖面之间的对应关系图上看, 波阻抗对储层段的响应均十分明显。因此, 用波阻抗参数可以满足岩性预测的需要。

3) 建立井旁地震道模型。将从井旁地震道中提取的实际子波作用于井中初始波阻抗模型, 得到合成记录。通过合成记录与实际记录的迭代比较来反复修改初始波阻抗模型。当地震记录与测井记录最佳匹配时 (合成记录与实际记录最佳接近), 对应的层位关系最佳、求取的子波最合适, 得到的波阻抗模型作为井旁地震道波阻抗模型。笔者分别对工区内 15 口井进行了反复标定处理, 最终获得目的层段的标准波阻抗模型。

4) 进行井间反演和外推反演。在精细井旁地震道模型和地层、沉积相 (地震相)、断层模型的约束下, 首先从井旁地震道出发, 对第一期扇、第二期扇和第三期扇进行井间反演和外推反演, 得到了三维波阻抗数据体。

5) 在波阻抗反演的基础上, 利用反演软件提供的三维砂体解释功能, 对反演得到的各期湖底扇砂体进行三维立体解释, 最终得到各期湖底扇砂体厚度图、孔隙度、含油饱和度的平面变化图 (见图 7、图 8)。

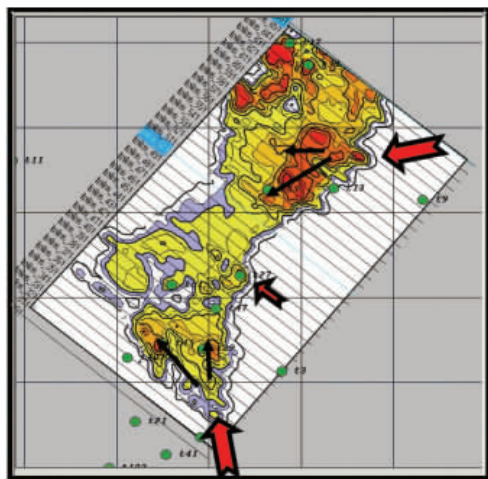


图 7 油层厚度变化图

Fig. 7 Reservoir thickness map

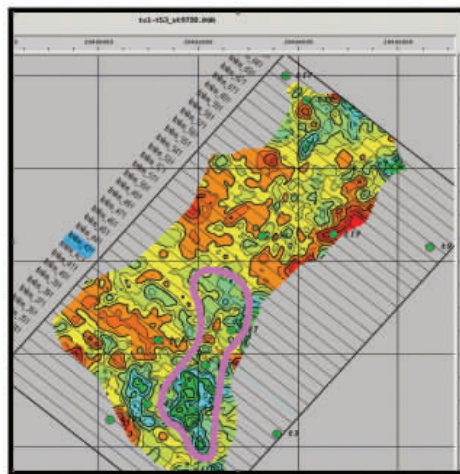


图 8 油层孔隙度变化图

Fig. 8 Reservoir porosity variation map

2 勘探效果

2001–2003 年,先后钻探了 10 余口探井,全部获得成功,勘探取得了重大突破。

1) 钻探太 x1 井,发现厚油层。太 x1 井腾一段电测解释,油层、差油层 10 层 113.2 m。1 650~1 754 m 井段压裂试油,日产油 17.79 t。

2) 钻探太 x2 井,突破自然工业产能关。太 x2 井腾一段抽汲求产,日产油 15.05 m³,获得自然产能。

3) 钻探太 x3 井,突破自喷工业油流关。太 x3 井在阿尔善组试油,油嘴 4.76 mm,孔板 12 mm 放喷,日产油 12.9 m³、气 3 531 m³。

4) 钻探太 x4、太 x5 井,突破压裂高产油流关。太 x4 井压后求产,日产油 105 m³、气 6 166 m³。太 x5 井对腾一段压后求产,日产油 63.24 m³。目前,乌里雅斯太凹陷南洼槽腾一段和阿尔善组控制石油的地质储量 5 000×10⁴ t,将成为二连探区的又一储量接替战场。

3 结论

储层物性差、非均质性强、油藏隐蔽性强是南洼槽低渗透油藏的主要特点;确定有利储层部位,寻找高产

富集区块是低渗透油藏勘探研究的主要目标;沉积体系、沉积相研究以及储层预测是低渗透油藏勘探研究的主要内容;新方法、新技术应用是低渗透油藏勘探研究的重要手段。

参考文献 (References)

- [1] 杜金虎. 二连盆地隐蔽油藏勘探[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.
DU Jinhu. Exploration of subtle oil reservoir in Erlian basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003.
- [2] 赵澄林, 吴崇筠. 油区岩相古地理 [M]. 北京: 石油大学出版社, 2001.
ZHAO Chenglin, Wu Chongjun. Lithofacies paleogeography in oilfield [M]. Beijing: University of Petroleum Press, 2001.
- [3] 邓宏文, 王红亮, 祝永军, CROSS T A. 高分辨率层序地层学 [M]. 北京: 地质出版社, 2002.
DENG Hongwen, WANG Hongliang, ZHU Yongjun, CROSS T A. High Resolution Sequence Stratigraphy [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002.

(责任编辑 王士泉)

· 会讯 ·

2007 中国科协年会 9 月将在武汉召开

2007 中国科协年会定于 2007 年 9 月 8–14 日在湖北省武汉市召开, 此届年会由中国科协和湖北省人民政府联合主办, 主题为“节能环保, 和谐发展”。

年会开幕式和大会报告将于 9 月 8 日在华中科技大学体育馆举行, 围绕主题年会设有 15 个分会场, 各分会场将分别于 9 月 9–10 日举行学术交流活动。同时举行的科普活动将围绕年会主题和《全民科学素质行动计划纲要》2007 年度主题“节约能源资源, 保护生态环境, 保障安全健康”开展。根据湖北省经济社会发展实际需要和党中央关于“促进中部地区崛起”决策, 以及湖北省“十一五”发展规划, 年会还设立了“湖北光电子信息与通信技术产业发展论坛”等 12 个专题论坛。

本届年会参加学术交流活动人员的参会资格通过征文产生, 欲参会者请于 2007 年 7 月 20 日前将报名表和论文提交相应分会场组织单位, 经专家审定通过后, 将获得参会资格。参加科普活动、专题论坛的人员另行组织。

本届年会将于会前出版论文集光盘(电子出版物)。有关年会的其他信息将随时在中国科协网页 (<http://www.cast.org.cn>)“学会与学术”栏目中发布。

· 学术动态 ·

“中国电子学会电子信息 科学技术奖”申报启动

2007 年中国电子学会将继续在全国范围内开展“中国电子学会电子信息科学技术奖”(国科奖社准字[2002] 03–0053)的评选活动。主要奖励在电子信息领域科学研究、技术创新与开发、科技成果推广和应用和实现产业化方面取得卓著成绩或做出突出贡献的个人和集体。凡是国内首创或本行业先进的技术研究成果, 并且经过鉴定、验收、检测等相应评价及实际应用, 包括新产品、新技术、新工艺、新材料、新设计、新方法; 采用先进电子信息技术改造传统产业的重大应用成果、重大工程; 理论上有一定创新和发展, 学术水平在国内处于领先地位, 并在全国性学术刊物或国外杂志发表后, 为同行所公认, 对生产实践有较大指导意义的研究成果均可通过省、自治区、直辖市电子信息产业主管部门及省、自治区、直辖市地方电子学会; 全国重点高等院校; 国家大型科学研究院; 国家大型企业集团; 3 位两院院士或 5 位以上中国电子学会常务理事推荐申报。该奖项可通过单位和个人推荐的办法申报, 申报时间为 2007 年 10 月 31 日前。了解详情请登录 www.cie-xh.cn。