

辽河油田勘探开发研究院优秀论文集

(2007年)

主 编 张方礼

副主编 李晓光 龚姚进

石油工业出版社

辽河油田勘探开发研究院 优秀论文集

(2007 年)

主 编 张方礼
副主编 李晓光 龚姚进

石油工业出版社

内 容 提 要

本书为辽河油田勘探开发研究院 2007 年度优秀科研论文汇编。内容涉及油田地质、油藏工程、采收率实验、油田管理等方面。

本书可供油田地质勘探和油藏开发方面的科研人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

辽河油田勘探开发研究院优秀论文集·2007 年/张方礼主编.
北京:石油工业出版社,2008.12

ISBN 978-7-5021-6926-8

I. 辽…

II. 张…

III. ①油气勘探-辽宁省-文集

②油田开发-辽宁省-文集

IV. P618.13-53 TE34-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 193393 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

发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京晨旭印刷厂

2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 16

字数: 406 千字 印数: 1—1000 册

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

《辽河油田勘探开发研究院优秀论文集（2007 年）》

编 委 会

主 任：张方礼

副主任：李晓光 张文坡 龚姚进 李铁军 张巨星
陈振岩 武 毅 刘其成

成 员：宁日亮 林洪利 周发平 刘纯高 赵洪岩
蔡国刚 单俊峰 雷安贵 许 宁 孙洪军
孔令福 郭 平 张 英 李维民 刘志慧
王桂珍 王 威 方 贇 常汉章

前 言

2007 年, 辽河油田勘探开发研究院全面贯彻落实辽河油田公司二届四次职代会工作部署和公司党委一届七次全委(扩大)会议精神, 紧密围绕“硬稳定、快发展”奋斗目标, 以建院 40 周年为契机, 以冀东南堡油田大发现为动力, 传承和发扬大庆精神和铁人精神, 全面超额完成了各项工作目标: 全年新增探明石油地质储量 $5363 \times 10^4 \text{t}$ 、可采储量 $1116 \times 10^4 \text{t}$ 、控制储量 $5394 \times 10^4 \text{t}$ 、预测储量 $7363 \times 10^4 \text{t}$, 分别完成年度计划的 107%、105%、108% 和 105%; 新增探明天然气储量 $32.87 \times 10^8 \text{m}^3$, 可采储量 $16.44 \times 10^8 \text{m}^3$; 部署探井 57 口, 实施 41 口, 探井成功率 63%; 部署开发井 583 口, 提供 2008 年产能建设井位 432 口; 完成各类科研生产项目 146 项, 获得各级成果奖 46 项, 项目完成率 100%。

油气勘探工作再上新台阶。按照“深化坳陷陆上, 加快滩海外围, 准备南海新区”的总体工作思路, 积极推行一体化工作方式, 进一步解放思想, 在哈 20、锦 315、葵花岛等 11 个油气田 21 个区块全面超额完成三级储量任务, 同时取得了 2 项重大发现, 6 项重大进展, 见到 4 个好苗头。地震资料处理水平进一步提高。

油田开发工作更加扎实有效。按照“二次评价、二次开发、深度开发、多元开发、高效开发”的工作要求, 突出新技术的规模应用, 强化油藏地质背景、开发规律、新技术机理等基础研究, 有力地促进了油田开发工作的全面发展。

为了更好地总结经验, 满足油田勘探开发的实际需要, 在认真总结过去几十年勘探开发经验的基础上, 重点对辽河油田勘探开发研究院 2007 年的科研工作进行了总结, 并从中优选出 27 篇优秀论文汇编成书。

本书是辽河油田勘探开发研究院科技人员辛勤劳动、集体智慧的结晶, 它忠实地记录了辽河油田勘探开发研究院科技工作者对油田勘探开发工作的认识、探索与创新过程。内容涉及油田地质、油藏工程、采收率实验、油田管理等方面。本书在总结成功经验的同时, 也指明了存在的问题及油田今后的勘探开发方向。希望该书的出版能为辽河油区今后的勘探开发工作提供有益的经验, 也为国内外同行提供有益的借鉴和参考。

由于篇幅所限, 时间紧, 书中难免存在疏漏和不足之处, 敬请读者批评指正。

编 者

2008 年 10 月

目 录

茨榆坨中段薄层岩性油气藏滚动勘探部署研究及实践	邱秀莲 安艳波 (1)
大民屯凹陷基岩成藏模式与勘探实践	牟 春 杨 雪 谷松龄 宋国徽 (10)
大民屯凹陷中央潜山带太古宇储层特征研究	宋柏荣 王仁厚 边少之 崔向东 (18)
辽河油田中低渗油藏注水水质技术指标实验研究	齐先有 张艳芳 赵丽辉 杨 红 (28)
ZJ 坳陷勘探部署研究	李晓晨 江建虹 黄淑芳 张亚丽 朱孔斌 吴炳伟 (39)
辽河滩海中部海月构造带成藏条件及勘探目标评价	张凌达 崔玉哲 陈鸿雁 王红玉 董德胜 (48)
奈曼凹陷岩性油藏勘探潜力分析	方炳钟 王世亮 殷敬红 裴家学 苍瑞波 宫振超 李 瑜 (58)
曙光—雷家地区特种油气藏勘探实践	张 坤 张泽慧 潘日芳 赵淑琴 汪国文 吴春亮 于海波 赵会民 李 晨 王高飞 陆 垚 (68)
西部凹陷西斜坡中南段稠油成藏机理及勘探实践	李 理 张菊香 李春峰 刘 力 窦 欣 康武江 李秀明 张 戈 常津焕 朱红梅 刘宝鸿 鞠俊成 (79)
西部凹陷基底结构及油气成藏特征	刘宝鸿 刘 敬 钱宝娟 张海栋 康武江 于天才 鞠俊成 张菊香 汪乐根 柳文鹤 宁小平 陈 昌 (87)
辽河油田可持续发展勘探潜力分析及区带优选	单俊峰 高险峰 刘志江 李玉金 郑见中 杨罗万 (100)
张强凹陷南部地区油藏形成条件研究	张 浩 田晓玲 王宝生 裴家学 咎国军 (107)
牛居深层及复杂构造成像技术研究	吴雅丽 刘文霞 李洪柱 徐 苏 赵玉会 梁丽敏 王艳华 卢明德 孙建海 (120)
兴隆台潜山及周边构造带高精度成像方法研究	李 尊 潘立新 张淑梅 柳世光 白树理 刘万常 于 娟 董兵波 聂 爽 (127)
陆家堡交力格地区处理技术研究及应用	李智杰 陈兆塾 高树生 张淑梅 柳世光 邹洪学 米 雪 赵艳丽 (135)
辽河油区 2007 年度新增探明储量研究	康志勇 柳锦云 崔晓娟 马 彬 史际忠 闫家宁 (140)
辽河油田原油稳产规划研究	龚姚进 刘 勇 杨 军 刘秀婷 单俊峰 汤 志 姜广义 (150)
西部凹陷西斜坡薄层稠油分布规律研究及开发实践	龚姚进 杨彦东 蒋 鹏 宫宇宁 韩淑兰 崔丽静 李 艳 曲美静 迟红霞 方 坤 (167)
冷家堡油田特一超深层稠油二次开发技术研究与实践	龚姚进 张 鹰 曹光胜 户昶昊 杨光璐 王 平 杨 靖 (173)

辽河滩海葵东 1 块油藏评价及开发对策研究
..... 曾宪红 温 静 徐学林 宋兴文 吕媛媛 张新培 徐明旺 (183)

辽河滩海地区低阻油气层测井评价方法及在储量研究中应用
..... 胡英杰 闫家宁 刘曙光 史际忠 (188)

奈曼低渗稠油油藏有效开发研究与实践
..... 王奎斌 李浩丽 王占红 张新培 司大志 (195)

热采水平井动用程度评价方法及改善对策研究
..... 张宝龙 李续儒 刘雪梅 傅景华 李 鑫 武凡皓 (199)

曙一区超稠油水平井高效开发技术研究 李晓漫 (209)

辽河油田勘探决策系统构建及应用
..... 张巨星 廉仲元 张天亮 李松辉 宇振全 孙兆宽 程 利 韩晓菲 (217)

辽河油田稠油蒸汽驱开发过程中硫化氢成因机理研究
..... 杨俊印 黄 毅 吴 拓 王 贺 韩 霞 (229)

试油数据管理与信息发布系统建设 张超环 (239)

茨榆坨中段薄层岩性油气藏 滚动勘探部署研究及实践

邱秀莲 安艳波

摘 要 在对岩性油气藏类型、分布、成藏主控因素深入研究的基础上,结合三维地震资料精细构造解释成果,针对茨榆坨中段内储层分布较稳定、单层砂体薄、延伸短、横向变化快、渗透率低、各单砂体之间连通性差、常规开发效果不理想等特点,应用适合薄层岩性油气藏勘探的多种技术方法和手段,进行储层分布特征的追踪、对比,进而结合沉积相等分析成果,对有利圈闭进行评价。并利用水平井进行勘探开发,取得了较好的勘探效果。提出3口水平井井位部署建议,通过并实施了两口井(茨631-H1、茨631-H2),均获得高产工业油气流。截至2008年3月,累计产油6344t,累计产气 $236 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。首次使辽河油田水平井油层厚度极限由5m降为2m,使茨榆坨构造带中段的岩性油气藏勘探开发技术上升了一个新的台阶。

1 概 况

研究区位于辽河盆地东部凹陷北部的茨榆坨斜坡带中段,为茨西和茨东断层所夹持的翘倾断块披覆背斜构造带。南起茨5井区,北至茨53井区,东侧以茨东断层与牛居—青龙台构造带相邻,区带面积约 200 km^2 。截至2005年底,该区共钻探井135口,探井进尺281636.58m,三维地震满覆盖;目前已发现古近系沙三段、沙一段和东营组三套含油气层系,另外在潜山层段有部分井见油气显示或获得工业油流。截至2007年底,该带已上报探明含油面积 43.3 km^2 ,探明石油地质储量 $4641 \times 10^4 \text{ t}$,可采石油地质储量 $833.2 \times 10^4 \text{ t}$;探明含气面积 6.9 km^2 ,溶解气地质储量 $23.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。茨榆坨采油厂累计产原油 $321.42 \times 10^4 \text{ t}$,天然气 $6.18 \times 10^8 \text{ m}^3$,2004年产原油 $17.49 \times 10^4 \text{ t}$,天然气 $0.1956 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

在以往的地质研究工作中,一直认为研究区内的油藏类型属于构造油气藏,但在老区复查时发现,茨70井在沙三段近2m厚的砂岩中累产油11463t,随后对该井区的构造特征、油层展布等进行深入研究,发现该井位于单斜构造较低部位,且上倾方向没有断层遮挡而形成构造圈闭。基于这种地质现象,认为研究区内发育着岩性油气藏。

长期以来,厚度在4m以下的薄油层都是利用直井开采,但因其控制储量小、产能低,开发效果一直不理想,而水平井在开发薄层岩性油藏方面具有一定优势,生产效果好。因此在茨榆坨中段的薄层岩性油气藏的滚动勘探与开发中应用了水平井技术。

2 地质特征

2.1 较大的资源潜力

茨榆坨构造带自身基本不具备生烃条件。因为茨榆坨潜山为一长期发育的古潜山,缺失

古生界和中生界地层，古近系地层直接覆盖在太古界基底上。沙三段暗色泥岩不发育，而且埋深较浅（一般都在 2800m 以上），成熟度偏低，而东部凹陷的生油门限是 2800m。因此，对本区的油气资源基本没什么贡献，油气主要来自东侧的牛居—长滩洼陷。

牛居—长滩生烃洼陷为一个狭窄的长条形洼陷，是东部凹陷北部最大的生油洼陷，长轴方向近北东向，与茨东断层近平行，油气主要以平行流的方式向该区带运移。

分析认为，斜坡带资源潜力较大，尤其是斜坡中低部位主要目的层的沙三段，紧临两大油源断层——茨东断层和茨 601 断层，为岩性油气藏的形成提供良好的油源条件。

2.2 有利的构造背景

2.2.1 茨榆坨斜坡带的构造格局

茨榆坨斜坡位于东部凹陷北部，在中央凸起太古界基岩背景上发育起来的。上覆地层沉积了古近系和新近系。古近系分房身泡组、沙河街组三段、沙河街组一段和东营组。受基底和盖层断裂活动控制，基岩块体翘倾，基底整体构造形态为西高东低、北高南低，区域东倾的地垒。上覆地层为层状披覆，在构造带形成和发展过程中受到基底块断系统的控制和影响。在茨西和茨东断层的夹持下，呈北东走向展布。

古近系构造形态在基底构造的基础上形成，继承和发展了基底的构造特征，同时也受到古近系构造运动控制；在古近—新近系各套地层沉积过程中披覆于潜山之上，后经多期构造运动的改造和继承性的发展，盖层构造形成了垒堑相间的格局，主要为断鼻和断块类型圈闭；在断裂系统的控制下沿北东向断层和近东西向断层展布。

在沙三期，研究区整体为一受控于茨西断层的东倾的单斜坡，北东走向，斜坡的顶部有一个构造最高点，位于茨 91 井区，高点埋深 1850m，地层尖灭也主要分布在这一地区的上倾部位。该高点以下，经茨 6—茨 22 断层以东地区，形成一个宽缓的鼻状构造，构造高点在中部的茨 108 井上倾部位，向南北两侧Ⅳ、Ⅴ级断裂比较发育，将构造进一步复杂化，形成多个断块。

从沙一期，研究区构造总体形态与沙三末期形态基本相同，整体为一受控于茨西断层的东倾的单斜坡，北东走向，细微之处与沙三期有所不同。首先表现在次级断层条数增多，受晚期构造运动的影响，Ⅳ级、Ⅴ级断裂比较发育，将构造进一步复杂化，地层产状变缓。例如发育在研究区南部的茨 5 东和湾 15 西断层，这两条断层在沙三早期开始发育，到沙一时期不断向北延伸加长，断距加大。其次，研究区北部，前期地层剥蚀区接受沉积，在茨西断层东部、斜坡带顶部形成串珠状分布的构造高点，由南向北依次为茨 5 北、茨 90c、茨气 1—茨气 2 井区，高点埋深分别为 1700m、1800m 和 1800m，对油气聚集十分有利，沙一段油气藏主要分布在这一条带上。在总体为斜坡的背景上，向北构造高低差异较前期加大。南部构造埋深一般在 1700~1850m 之间，北部埋深在 1900~2230m，相差 200~380m。

2.2.2 断裂系统描述

研究区属辽河裂谷盆地的次级构造单元，断层非常发育，已发现的延伸长度大于 1km 的断层有 45 条。断层主要特征为：

（1）断层均为正断层，走向以北东向、南北向为主。

（2）研究区内主干断层，如茨西断层和茨东断层，走向为北东向，具有发育时期早、断距大、延伸距离长、多期活动的特点，它们的活动直接控制了茨榆坨构造带的形成和演变；研究区内的一组走向为北东东向的断层，为区内主干断层的派生断层，它们控制了茨榆坨构造带内局部构造的形成，多期次活动，断距一般不大，延伸距离中等；研究区内的一组走向

为近南北向或北北东向的断层，属更次一级的断层，它们将构造进一步复杂化，对油藏起一定的控制作用。

(3) 断层剖面形态有“X”形断层、“Y”形断层等。

下面就几条主要断层进行简单描述：

(1) 茨东断层。茨东断层南北贯穿研究区，位于研究区的东部，是茨榆坨高垒带与牛居—青龙台断裂背斜带的分界线，走向北东、倾向东南。分别控制着东部凹陷北部地区两个生烃洼陷。它早期为张性断层，而后经走滑作用改造，研究区内延伸长度为 14km。断距由南向北变小，断距最大达 2600m，断面很陡，上下盘地层厚度相差悬殊，上升盘是茨榆坨高垒带的低部位，地层倾向东南，厚度较薄，下降盘，地层厚，倾向西北。发育于房身泡时期，终止于馆陶组末期，是一条长期活动的断裂，是茨榆坨斜坡带的重要油源断层。

(2) 茨西断层。位于研究区的西部，是茨榆坨高垒带和大湾超覆带的分界断层，为北东走向的断层，倾向北西，研究区内延伸长度约为 13km。其早期为张性断层，后期经走滑改造，它断距较大，最大可达 1600m，从南到北，断距减小。发育始于房身泡期，终止于馆陶组时期，沙三期活动最强烈，地层厚度大，是长期发育的断层，控制了茨榆坨高垒带的形成和沉积，是控制茨榆坨斜坡带油气富集的边界断层。

(3) 茨 601 断层。茨 601 断层位于茨东断层的西部，走向北东，倾向南东，与茨东断层近乎平行，但比茨东断层平缓，断距下大上小，最大断距 350m，从南到北，断距增大。研究区内延伸长度为 10km，它发育于沙三中期，终止于东营时期，在该断层附近已发现茨 601、茨 629 等多个油气富集区，含油层系多，油气富集程度高，是油气运移的最主要断层。

2.3 复杂的沉积储集条件

2.3.1 主要沉积相类型

本区主要目的层（沙一段、沙三段）发育扇三角洲、冲积扇和泛滥平原相，各相特征如下：

(1) 扇三角洲相。扇三角洲指从邻近高地推进到稳定水体中的冲积扇。平面上分为扇三角洲平原亚相、扇三角洲前缘亚相和前三三角洲亚相，该区沙一段及沙三段发育该相。扇三角洲前缘砂体所含砾石和杂基较少，沉积物的结构成熟度较高，物性较好，是油气聚集的最有利相带，该区只发育扇三角洲前缘亚相。该区的扇三角洲前缘亚相又进一步可划分为水下分支流河道、水下分支流河道间湾等。

水下分支流河道微相：是扇三角洲平原的辫状河道在水下的延伸，沉积物一般为砂及含砾砂与泥岩不等厚互层，砂层分异好，是本区油气储集的有力相带。沉积层序多为正韵律，下部一般为较厚的具冲刷面的块状层理砂砾岩，向上为具水平或波状层理的粉砂岩及暗色泥岩。测井相为齿化箱形或钟形，视电阻率曲线具有底部高阻的特征。

水下分支流间湾微相：沉积物普遍较细，以粉砂岩和粉沙质泥岩为主，砂岩单层厚度较薄，为 1~2m，一般发育小型交错层理、波状层理电测曲线表现为符合韵律。

(2) 冲积扇相。在本区发育的冲积扇规模较小，主要发育在沙三中上段，受断层活动及基底西高东低、北高南低背景的影响，北部不稳定洪流携带大量碎屑物沿古冲沟南下，在古冲沟及其前端形成冲积扇根据岩性、沉积构造及电测曲线特征，该区的冲积扇可划分为扇中和扇端亚相。岩性由灰白色砂砾岩、含砾砂岩，加灰色、紫红色杂色泥岩组成。岩石结构多为分选差、颗粒大小不等的混杂结构，测井相多为箱形、钟形、多个正韵律组合的锯齿状及小锯齿状，颗粒多为基质支撑，磨圆为次棱角状，沉积构造多为洪积层理和混杂的块状沉积

构造交替。

(3) 泛滥平原相。该沉积相是盆地演化过程中,在水退时期的低洼处和相对平坦的地区发育的沉积相类型,泛滥平原组在本区比较发育,主要发育于本区的东营组、沙一段、沙三中上段,岩性特征为砂砾岩、含砾砂岩、粗砂岩与灰色、绿灰色、紫红色泥岩或粉沙质泥岩互层,单层砂岩厚度不大,一般为几米到十几米,分选性较冲积扇要好,泥岩厚度变化范围较大,炭屑含量高,局部呈炭质层出现,生物化石较少,局部可见直立植物根系,可分为河道亚相和泛滥盆地亚相。其中河道亚相是储集油气的有利场所,如茨 629 井即在泛滥平原的河道亚相上获得了高产工业油气流。

2.3.2 储层展布特征

研究区砂体的发育程度、空间展布特征与沉积分布有着密切的关系。从沉积相演化及分布特征中可以看出,沙三下段,主要是暗色泥岩沉积,是有利的生油区,砂体不发育。沙三中上段,主要分布扇三角洲及冲积扇和泛滥平原相。从沙三中上砂岩百分比等值线图及砂岩等厚图上分析认为,本区的主要物源来自研究区中部茨 16 井以北,另外在茨 21 井西部也有一支小物源。砂岩厚度较大的区域均位于冲积扇相的扇中或扇端处(如位于研究区北部的茨 16 井区),扇三角洲的前缘或前三角洲亚相(如茨 611 井区),泛滥平原相分布区也有砂体较发育的区域。

沙一段时期,整体研究区所分布的沉积相以泛滥平原相、扇三角洲相为主,从沙一段砂岩百分比等值线图上可以看出,本区的主要物源来自研究区北部茨 4 井以北。从沙一段砂岩等厚图上可以看出,茨 616 一带为砂岩发育区,厚度较大,而这一带恰好是前扇三角洲亚相,此处的水下分支河道构成了这一带巨厚的砂体,最大砂岩厚度可达 180m。

3 岩性油气藏类型、控制因素及成藏特征

3.1 岩性油气藏类型

3.1.1 砂岩透镜体油气藏

该类型油气藏是指砂岩四周被泥岩或非渗透岩体包围形成圈闭,当油气运移至此形成的油气藏。油气受砂岩体四周不渗透层控制,自成独立油气水系统,有时具底水。在剖面上呈透镜体状,平面上可为长条状、椭圆形、近圆形或不规则状。砂体成因为河道砂、扇三角洲前缘砂和浊积砂体。主要分布在斜坡中低部位,垂向上位于 $E_{s3}^{\text{中}}$ 底部,如已部署并即将钻探的茨 27-43 井沙三中段砂体。

3.1.2 砂岩上倾尖灭油气藏

砂岩上倾尖灭油气藏是砂体沿斜坡向上倾方向尖灭,砂岩尖灭线与构造等深线相交形成的圈闭。油气受岩性侧向遮挡条件控制,含油范围与岩性尖灭线及构造等高线相交切的闭合面积有关,并以层状油藏为主。油气藏的上覆、下伏地层均为非渗透性岩层。这种油气藏主要发育在岩性、岩相变化较大的砂泥岩剖面中,形成许多薄互层砂岩楔状尖灭于泥岩中,从而形成砂岩尖灭圈闭。这种砂体尖灭圈闭主要形成于滨浅湖区和扇三角洲前缘区。由于滨湖区进退频繁,造成水进型和水退型滩坝砂体,向湖盆边缘或中央隆起带的边缘斜坡上倾尖灭后被泥岩覆盖,或向湖盆中央尖灭,后期构造抬升而形成上倾尖灭,如茨 70 井区,是形成此类油气藏的有利地区。

3.1.3 断层—岩性油气藏

断层—岩性油气藏是砂岩上倾方向受断层和岩相变化双重控制形成的圈闭。油气分布受断层遮挡和岩性封闭两个因素控制，以层状油藏为主，如茨 44 井区油气藏。

3.2 分布特征和控制因素

东部凹陷茨榆坨斜坡带的岩性油气藏类型多种多样，不同类型的岩性油气藏具有不同的圈闭条件、油气运聚条件及保存条件，然而它们的形成与分布归根结底受构造沉积条件的控制。坡洼过渡带处于缓坡下倾方向向洼陷的转折部位，与缓坡带相比，其坡折度相对较大。此带的沉积常处于滨浅湖环境，是各种扇体前缘相的主要分布区，发育大量分支流河道、河口沙坝及浊积岩砂体，储层厚度大，分布广，物性好，生储盖组合优越。同时，而且紧邻深陷带，油源丰富，是箕状凹陷中岩性圈闭最为发育的有利区带。

3.2.1 分布特征

钻探成果表明，研究区斜坡带含油层系主要集中在沙河街组沙三段和沙一段。油藏类型既有岩性油气藏，也有构造作用形成的构造油气藏。岩性油气藏在斜坡的各个部位均有分布。由于各个时期构造背景、沉积环境和成藏控制因素不同，使得岩性油气藏分布状况、分布规模也有显著差异。研究区沙三中上段油气藏分布规律为：超覆带附近地层较陡，砂岩上倾尖灭圈闭为主；斜坡坡折带下部位，以砂岩透镜体和断层—岩性为主。

3.2.2 控制因素

(1) 油源丰度、圈闭是否位于油气运移的主要指向上是油气成藏的关键因素。茨榆坨斜坡带油气主要来自东侧的长滩洼陷，多为次生油气藏。油气丰度大小及是否位于油气运移的主要路径上是油气能否成藏的关键。

(2) 斜坡背景控制岩性油气藏的形成和油气富集。斜坡带是扇体前缘相的主要分布区，储层厚度大，分布广，而且紧邻深陷带，油源丰富，生储盖组合优越，是箕状凹陷中隐蔽圈闭最为发育的有利带。

(3) 主要断层控制岩性油气藏的分布。断层活动可控制圈闭形态，进而控制储层沉积特征及物性，影响油气运移及再分配。沟通斜坡带与中央深陷带断层多为油源断层，高部位断层主要起到对油气封挡的作用。

(4) 有利沉积相带控制岩性油气藏的油气富集。除构造因素外，沉积条件也是影响油气分布富集的主要因素，在构造背景下，有利储层的展布、储集性能及其与盖层的组合关系，决定了油气的富集。

(5) 斜坡坡折带控制岩性油气藏的油气富集。坡折带分早期沉积坡折带和晚期构造坡折带。早期沉积坡折带是指在沉积时期由同生断裂长期活动或古地貌坡降的改变引起斜坡突变的地带。晚期构造坡折带是指由于后期的构造改造作用而形成的现今具有一定坡折的斜坡构造转折带。其中沉积坡折带的陡缓影响沉积体的发育程度及分布范围，即控制了沉积体系的规模及有利储集相带的分布，进而控制有利油气藏分布。

(6) 砂砾岩油藏侧向封挡条件和盖层条件尤为重要。斜坡带由于近源发育上倾的砂砾岩体，其侧向封挡条件尤为重要。侧向可能为断层封挡、砂砾岩物性变差封挡、砂砾岩体上倾尖灭、泥岩或火成岩封挡。

上述分析表明，只有构造与储集岩相等多种因素的合理配置，才能造成油气资源的聚集，如茨 631 井构造上处于茨 70 高部位，属砂岩上倾尖灭型油气藏，其侧向遮挡就是沙三中的半深湖相的泥岩，体现了优质的储盖配置。而茨 33 井虽然处于较有利相带，但部位低，因而不能成藏。

4 薄层岩性油气藏研究技术

4.1 层序地层学分析技术

层序地层学分析技术可以应用到岩性油气藏的多个环节。依据层序地层学的基本原理,利用地震、钻井、测井和分析化验等资料,结合研究区三维地震资料边界地震反射削截、上超、侵蚀等边界反射将研究区古近系划分成两个百万年级的二级层序,分别相当于古近系沙河街组三段、沙一段。依据初始湖泛面、最大湖泛面,把沙三层序进一步划分为低位体系域、湖侵体系域、高位体系域3个三级层序。通过对研究区的层序分析,建立了层序地层模式。不但解决了近源沉积的大套砂砾岩的地质分层问题,同时从储盖配置关系分析认为,茨榆坨斜坡带湖侵体系域是岩性油气藏发育的有利地区。

4.2 全三维构造精细解释技术

要进行岩性油气藏研究,就是在精细构造断层解释的基础上,对局部岩性异常体、层间微幅度构造和小断层进行细致解释。因为茨70井含油砂体的底界也是沙三中段地层底界,在其下部有一大套沉积稳定、区域上分布连续的大套泥岩段,因此可以在地震剖面上识别该套含油砂体。我们通过制作茨70井地震合成记录,准确标定了沙三中段底界2m厚的含油砂体。通过时间切片及相干体切片确定了研究区内断层的展布方向。之后根据研究区内探井、开发井试油和生产情况,对有利构造部位的有利储集砂体进行了追踪。

4.3 目标储层预测技术

根据对地震资料的分析和对本区地质情况的分析认为,寻找岩性圈闭的关键在于搞清砂体的空间几何形态变化及其展布。常规的地震剖面的同相轴反映的是地层波阻抗界面的变化规律,对岩性体变化敏感程度较差。因此需要进行反演,使剖面上的同相轴真正反映砂体的分布,在此基础上进行砂体的预测和追踪。

根据各井试油情况,结合地震数据体和最终反演数据体对研究区内几套主要含油层系的空间分布进行了追踪解释,如茨629沙三二下部油层、茨32井沙三二中上部油层和茨70井沙三二顶部油层,并按上面的作图方法对它们的分布范围和厚度变化进行了预测。

结合钻井钻遇的砂岩情况和录井、电测、试油情况,在反演体上对几块含油砂体的范围进行了追踪和精细标定。从砂体预测图中可以看出,茨631井区砂体很发育。

4.4 地震微属性差异烃类检测技术

研究表明,当岩石中含有油气时,其地震振幅和频率存在降低的规律。利用这种规律,通过对地震的这种微属性的分析,可以达到油气预测的目的。从茨631井区沙三中段烃类检测异常平面分布图(图1)中可以看出,茨631井、茨70等井都处于高值区,说明该区油气富集(图2)。

4.5 “三相”联合确定沉积相技术

“三相”是指从岩心相上识别沉积构造特征,从测井相上识别对应沉积相的曲线特征,在地震剖面上识别地震相类型,通过测井和地震层位标定建立岩心相、测井相与地震相的关系,对三维数据体进行标定、解释和识别,结合地震属性分析落实地震相的平面分布,综合三相解释结果,确定沉积相类型和平面展布。

通过运用以上岩性油气藏研究的技术,我们对茨榆坨中段岩性油气藏的地质特征有了进一步的认识。

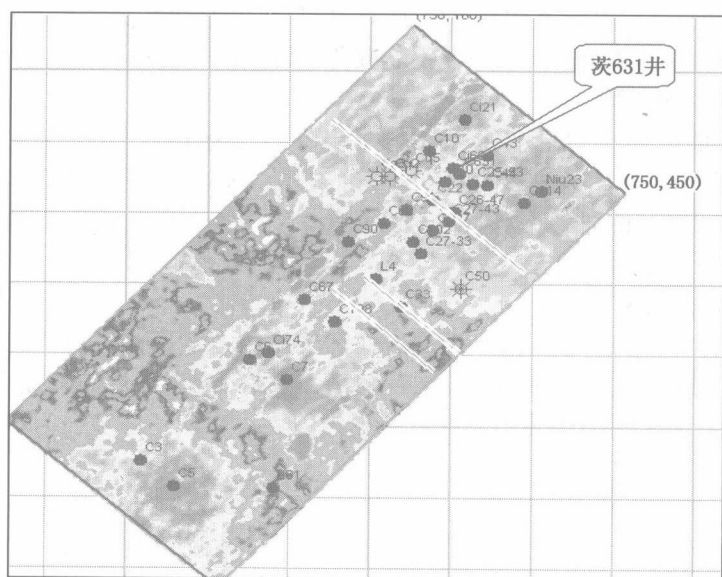


图 1 茨 631 块储层预测反演示意图

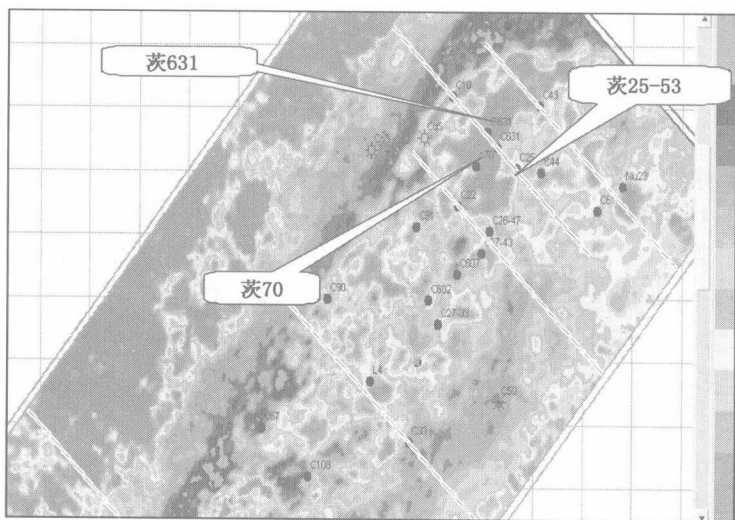


图 2 E_2s_3 中烃类检测异常平面分布

研究区内岩性油气藏为薄油层砂岩上倾尖灭岩性油藏。且 $E_2s_3^{中上}$ 储层为扇三角洲前缘亚相沉积砂体，岩性较细，以细砂岩和粉砂岩为主。从区域上来说，储层分布比较稳定，单层砂体薄、延伸短，横向变化快，中孔隙度，低渗透率。

5 利用水平井勘探开发薄层岩性油气藏

5.1 水平井的提出

研究区内的茨 631 井区位于茨西断层的上升盘，北东临茨 32 块，西与茨 9 块相临，构造面积约 30km^2 。2006 年该区新增探明含油面积 4.68km^2 ，新增探明石油地质储量 $122.66 \times$

10⁴t。该井区共完钻 3 口井，其中茨 631 及茨 70 井获工业油气流。通过对已钻井的地质资料综合分析，井区内砂体由西南到东北不断减薄，砂体的规模小，横向互相穿插，易于形成薄层砂岩上倾尖灭型油藏。

茨 631 井为该区高部位部署的一口斜井。在沙三中段，3.6m/2 层油层中，累产油 3237.2t，累产气 $10.9 \times 10^4 \text{m}^3$ ，2007 年 4 月份关井。从茨 631 井的生产情况来看，采用常规井开发该区的薄层岩性油藏效果不佳，为了有效动用该井区的地质储量，提高油井产量，决定采用水平井技术进行开发。

5.2 茨 631-H1 井的部署

确定利用水平井开发茨 631 井区薄层岩性油气藏的方案后，我们从茨 70 和茨 631 井出发，在常规地震剖面、变密度剖面及储层反演剖面上精细解释，准确标定砂三中段砂体的边界，上部是以砂岩尖灭线为边界，下部以断层为边界。在茨 70、茨 631 两井之间部署了茨 631-H1 井。

茨 631-H1 井水平段设计 270m，在实际钻探到 180m 时，油层变差。针对这种情况，我们结合井资料、地震资料进行了综合分析，通过工作站放大变密度显示功能，发现在该区地震同相轴发生了一点扭曲，存在一个小断层，这一情况表明在薄层岩性油气藏中，小断层也能起到对油气的封堵作业。因此认识到，在薄层岩性油藏水平井的部署工作中，要求地震解释达到更高的精度。

虽然茨 631-H1 井水平段只钻了 180m，却同样取得了良好的效果，油层厚度为 2m，油层钻遇率 71%。截至 2008 年 3 月，累计产油 3187.4t，产气 $225 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

5.3 茨 631-H2 井的部署

茨 631-H1 井的钻探成功，验证了水平井完全可以很好地应用于薄层岩性油气藏开发中。在茨 631-H1 井的钻探资料的基础上，我们又对该井区重新进行了精细构造解释。同时通过对茨 631、茨 631-H1 井的开发效果进行分析，由于开发后期并未见水，且注水效果明显，说明油藏无边水。在该井区设计部署了茨 63-H2 井。

在该井的部署中，我们对井轨迹选择进行了精细研究，优选地震同相轴最连续的部位进行水平井部署。茨 631-H2 井水平段长 370m，钻遇油层 273m，油层钻遇率 73.7，油层厚度为 2m。初期日产油 40t，天然气 2585m³。截至 2008 年 3 月，已累计产油 3156.9t，累计产天然气 $11 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

5.4 茨 631-H3 井的部署

由于茨 631-H1 井、茨 631-H2 井均获高产工业油气流，证实了对茨 631 井区薄层岩性油气藏的认识和部署的思路都是正确的。并使辽河油田水平井部署的下限由 5m 降到了 2m。在茨 631-H1、茨 631-H2 井成功钻探后，对茨 631 井区的薄层岩性油气藏进行了重新分析评价。分析认为：该区油层虽然薄，但有一定的分布面积。区内的井均未产水，说明其含油幅度较高。认为该井区在较低的部位也具有较好的勘探潜力，因此部署了 1 口滚动井茨 631-H3 井。

该井位于茨 631-H2 井和茨 43 之间，设计轨迹与茨 631-H2 井的轨迹平行。设计水平井段 500m，预计油层 2~5m。为了搞清该区域油层纵向上和平面上的分布情况，设计要求实施两口导眼井。要求导眼 1 井通过 K 点，要求导眼 2 井通过 A 点。目前该井正在钻探实施中，水平段已钻进 305m，现场解释油层 190m，低油层 80m。如果该井钻探成功，预计可扩大含油面积 0.8km²，新增探明石油地质储量 $30 \times 10^4 \text{t}$ 。

6 取得的成果

随着东部凹陷茨榆坨中段勘探程度的提高,形态好、面积大、成藏条件较好的构造圈闭已基本探明,结构简单的潜山油气藏也已被发现。而斜坡带的古地貌背景正是湖平面频繁波动、湖岸线进退交替变化地区的附近,导致纵向上砂泥岩交互沉积,高质量的生、储、盖相匹配,形成了多套含油组合,具备了岩性油气藏形成的条件。该区沙三段油藏为构造背景下的岩性油气藏,储层纵向分布单一且单层厚度小(一般为2~3m),而且储层的横向变化明显受沉积相带的控制,给研究及部署工作带来很大难度。采用常规工作方法不能有效开发,而采用水平井技术能有效动用茨631块的地质储量,提高了油井产量和油藏的储量动用程度。

通过本次的研究工作,共部署了3口水平井,实施并获高产工业油气流井2口水平井。茨631-H1井和茨631-H2井的钻探成功,首次使辽河油田水平井油层厚度极限由5m降为2m,证明了水平井技术可以应用于薄层岩性油气藏的勘探开发中,并能取得很好效果,对其他地区相似的岩性油气藏的勘探开发具有一定的指导意义。

7 结束语

针对茨榆坨中段岩性油气藏的勘探,应用了综合勘探开发配套技术,如层序地层学、分频技术、地震与地质相结合的多学科综合研究技术,尤其是针对该区地质特点和储层物性变化特征,应用了“地震微属性差异烃类检测技术”并与地震储层预测技术相结合,预测并勾画了该区油气聚集的有利区带,应用水平井进行实际部署取得了很好的效果,使茨榆坨构造带中段的岩性油气藏勘探开发技术上升了一个新台阶。

参 考 文 献

- [1] 譙汉生,纪友亮.中国东部大陆裂谷与油气[M].北京:石油工业出版社,1999
- [2] 胡见义,董晓光.中国隐蔽油气藏勘探论文集[M].哈尔滨:黑龙江科技出版社,1984
- [3] 廖兴明,姚继峰.辽河盆地构造演化与油气[M].北京:石油工业出版社,1996
- [4] 刘泽容,信荃麟.断块群油气藏形成机制和构造模式[M].北京:石油工业出版社,1998
- [5] 陈振岩,李军生.辽河盆地火山岩与油气关系[J].石油勘探与开发,1996,23(3)

大民屯凹陷基岩成藏模式与勘探实践

牟 春 杨 雪 谷松龄 宋国徽

摘 要 依据“富油气凹陷”理论,利用钻井、录井、测井、试油、试采、岩心化验分析等多种资料,分析了大民屯凹陷基岩油气成藏的独特地质条件,创新潜山成藏认识,建立了低潜山、隐蔽型潜山和潜山内幕3种新的基岩成藏模式。强化潜山成藏模式的探索研究和勘探评价技术攻关,并形成了较为完善、有效的潜山油藏配套勘探技术系列。先后在低潜山、隐蔽型潜山和潜山内幕勘探中取得了良好的勘探效果,部署沈286等24口预探井,上报控制储量 $2323.5 \times 10^4 \text{t}$,实现了法哈牛一边台、静安堡一边台潜山含油连片,同时到老边隐蔽型潜山和前进太古界潜山内幕勘探中也取得重要突破。

1 引 言

大民屯凹陷位于辽河拗陷东北部,历经40余年勘探,已发现了西侧平安堡—老边潜山带、前进—安福屯潜山带、东胜堡—静安堡潜山带、法哈牛、曹台、边台潜山等多个含油气潜山带。已在太古界潜山探明含油面积 54.73km^2 ,探明石油地质储量 $7064.83 \times 10^4 \text{t}$;在元古界探明含油面积 35.78km^2 ,石油地质储量 $5728.94 \times 10^4 \text{t}$,潜山累计探明石油地质储量 $12793.77 \times 10^4 \text{t}$,占探明储量40%,探明天然气储量 $224.7 \times 10^8 \text{m}^3$,待探明资源量 $2.4 \times 10^8 \text{t}$ 。随着勘探程度的提高,凹陷进入高成熟勘探阶段,勘探难度进一步增大。主要表现在勘探对象发生很大变化,油气相对富集、构造比较完整、储量规模较大的中央背斜构造带、断阶带以及大型的中、高潜山带等油藏已基本被钻探发现。近年来调整勘探方向,通过加强低潜山及潜山内幕勘探,取得了良好的勘探效果,显示整个大民屯凹陷潜山仍有良好的勘探前景。

2 基岩油藏成藏新认识

2.1 低潜山成藏模式建立

传统观点认为,大民屯凹陷潜山油藏存在统一的油水界限,这种深度界限的认识长期禁锢着勘探向深层潜山的发展。近年来,通过加强对大民屯凹陷低潜山成藏条件的重新研究,认识上发生重大转变。分析认为,低潜山成藏具备以下5个方面的有利条件:

(1) 不存在统一油水界面。对高蜡油系统的分析表明,该系统的资源量与已经探明储量之间存在明显的不匹配关系,潜山的待探资源量可观。但主要的潜山带已经探明,剩下资源只有“另觅他径”,根据西部凹陷低潜山的勘探经验,可能只有一个:即剩余资源赋存于低潜山之中。由于潜山内幕具有复杂性,潜山油藏同样也应该具有多样性,统一的油水界面仅仅是潜山油藏的特例,而统一油水界面仅仅是特定勘探阶段的认识。