

K
A
N
T
A
N
K
A
I
F
A

主 编：谢文彦

副主编：任芳祥

刘喜林

赵政超

孟卫工

张方礼

王 威

辽河油田勘探开发优秀论文集

(2005年)

石油工业出版社

辽河油田勘探开发优秀论文集

(2005 年)

主 编：谢文彦

副主编：任芳祥 孟卫工 刘喜林

张方礼 赵政超 王 威

石油工业出版社

内 容 提 要

本书内容包括勘探开发复式油气藏和断块油田的地质理论, 以及稠油和高凝油开采技术, 综合地质理论研究、地震资料采集与解释、录井和测井、井下压裂、丛式井和水平井的钻井技术、油藏数值模拟技术, 地面工程技术等。其中稠油开采技术和集输工艺达到国际先进水平。

图书在版编目 (CIP) 数据

辽河油田勘探开发优秀论文集·2005 年 / 谢文彦主编.

北京: 石油工业出版社, 2005.12

ISBN 7-5021-5331-4

I. 辽…

II. 谢…

III. ①油气勘探-辽宁省-文集 ②油田开发-辽宁省-文集

IV. ①P618.13-53 ②TE34-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 139115 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

总 机: (010) 64262233 发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 辽宁省印刷技术研究所

2005 年 12 月第 1 版 2005 年 12 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 24.5

字数: 627 千字

书号: ISBN 7-5021-5331-4 / TE·4106

定价: 98.00 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

《辽河油田勘探开发优秀论文集》(2005 年)

编 委 会

主 任: 谢文彦

副主任: 任芳祥 孟卫工 刘喜林 马玉龙 张方礼 赵政超

编 委(按姓氏笔画为序):

于洪坤	马玉龙	马德胜	尹万泉	王 威	包连纯	石忠仁
任芳祥	刘贵满	刘喜林	刘福余	刘德铸	朱世和	朱富林
许国民	吴宝华	张方礼	张占文	张庆昌	张恩臣	张维申
李军生	李庆章	杨永彪	杨立强	陈铁铮	周 鹰	孟卫工
范玉平	侯创业	修景涛	祝永军	赵政超	唐清山	柴利文
郭 平	高养军	龚姚进	谢文彦	暴富昌		

前 言

辽河油田位于辽河下游，渤海湾畔，于 1970 年投入开发建设，勘探开发的主要地域是辽河盆地、开鲁盆地和渤海湾北部滩海地区。油田地跨辽、蒙 13 市（地），34 个县（旗），勘探总面积 $11.41 \times 10^4 \text{km}^2$ ，主要开发区在盘锦、沈阳、锦州、鞍山、辽阳一带。现已建成了国内规模最大的稠油生产和科研基地，成为辽河油区新的产量和经济效益增长点。

辽河油田地质构造复杂，油气储量丰富，是一个具有多套生油层系，多种储集类型，多种油气藏的复式油气区。油品性质多样，既有稀油、稠油，又有高凝油和天然气，人称“石油地质大观园”。面对复杂的资源状况，辽河油田始终坚持科技兴油的发展战略，现已形成了一整套勘探开发复式油气藏、集输和断块油田的地质理论及工艺技术，稠油开采技术和集输工艺达到国际先进水平，高凝油开采技术和生产规模处于世界领先地位，综合地质理论研究、地震资料采集与解释、录井和测井、井下压裂、丛式井和水平井的钻井技术、油藏数值模拟技术，地面工程技术均处于国内前沿地位。

一年来，广大科技人员针对辽河稠油油品性质差，以及在生产过程中表现出来的能耗高、作业频繁、出砂严重、污水处理难度大、油层动用程度差、成本居高不下的困难和矛盾，通过广大科研人员的努力，逐渐形成了以稠油高效注汽技术、智能温控中频电加热采油技术、提高机采效率技术、注采冲防一体管柱技术、燃煤—燃气介质炉伴热技术、稠油集输配套技术、固挡排综合防砂技术、高温调剖封窜技术等为代表的具有辽河油田特色的稠油低成本开采配套技术，确保了低成本的规模开发。

本书收录的论文，都是针对以上问题所进行的研究，是广大科技工作者的理论研究以及实践经验的总结，基本反映了辽河油田勘探开发及开采工艺的水平，具有较高的实用价值。在“十五”即将结束，“十一五”即将开始之际，将其结集出版，希望对广大石油工作者能有一定的借鉴作用。

根据出版要求和专家的意见，编者对部分论文的内容进行了适当修改。由于时间仓促，水平有限，书中难免不足和错误之处，敬请读者批评指正。

编 者

2005 年 10 月

目 录

辽河油区水平井开发技术	张方礼 马德胜 马宏斌 姜来泽 孙洪军	(1)
大民屯凹陷勘探认识及前景	修景涛	(8)
超稠油套管损坏机理及防变对策	杨立强 张 海 孟 强 张春雷	(16)
高凝油转换采油方式技术研究与应用	孟宪威 邵天翔 戴本亮 曾丽平 陈 萍	(20)
高升油区勘探开发形势及对接“十一五”策略研究	唐清山 柴利文	(30)
辽河油区三次采油技术应用现状及其主要经验	于 涛	(37)
沈阳油田采油工艺发展及工艺措施方向	王立军 孟 强	(43)
抽油机井系统优化技术研究与应用	鲁红光 李鸿程	(50)
双分支侧钻水平井在高 10 块的应用	龚春辉	(57)
深抽及配套防偏磨工艺技术的研究与应用	乐庸军	(63)
锦 7 块东部泥质粉砂岩油藏出砂停产井复产技术	李 峰 杨玉秋	(68)
油层套管加固技术应用研究	张作阳	(72)
低频声波震动技术在曙光油田的应用	董武旭	(75)
裂缝性稠油古潜山油藏封堵边底水技术	郭斌建 张长胜	(79)
井下自动恒量配注技术在曙光油田的应用	刘 恒	(83)
水力压裂工艺技术在兴隆台采油厂低渗油田的应用	都占海 王锦生 邹德海 韩 艳	(87)
连续柔性抽油杆应用技术	邹德海	(93)
双重震源震动解堵技术	余立军	(98)
阻抗式找水技术在辽河油区稠油井的应用	崔士斌	(101)
低阻防砂抽油管柱及现场应用	刘玉文	(106)
活化稠油堵水技术的研究与应用	张英伟 齐献宝 冯 力	(110)
稠油多元化吞吐技术的研究与实验	何 勇 才艳杰 王 英	(114)
四位一体防砂系列配套采油工艺技术的研究与应用	于春凯	(118)
砾石充填技术在辽河油区气井防砂中的研究与应用	吴宝华	(123)
雷家区块清防蜡工艺分析	李加庆	(127)
雷 64 块化学防蜡降凝技术研究与应用	尹 华	(132)
改性树脂胶结砂的研制与应用	杨忠培	(138)
冷家油田稠油热采热固型高温调剖剂的研制与应用	陈智军 李建龙 王喜泉	(144)
纳米深度调剖剂改善封堵效果提高采收率实验研究	张艳娟 刘 英 刘加林	(147)
利用“2+3”调驱技术改善锦 90 块开发效果实验研究	周雅萍 刘其成 赵庆辉	(153)
蒸汽加 XYG-1 溶液联合处理油层技术	夏洪权 刘 翎 郭连军 尤彦斌 张 超	(159)
可动凝胶调驱提高普通稠油采收率实验研究	王京博	(164)
碱/表面活性剂驱提高冷 43 块稠油采收率实验研究	张艳娟 刘 英 刘加林	(169)

曙一区超稠油污水处理试验	李心怡 (175)
近井地带精细数值模拟技术	刘洪芹 (178)
欢 626 井区有利油气圈闭精细描述及评价	李相相 (184)
欢喜岭油田低电阻率油层成因及识别	危宇宁 (189)
西部凹陷岩性油气藏类型及有利地区预测	单俊峰 陈振岩 回雪峰 (193)
辽河油田外围低信噪比资料处理技术探索与实践	刘 鸿 (200)
薄油层水平井部署设计技术	荐 鹏 姜来泽 王 平 (205)
欢 127 边水区水平井挖潜部署	孙洪军 (210)
加密水平井挖潜提高超稠油吞吐效果	马 凤 (215)
厚层底水稠油油藏水平井开发工艺研究	司 勇 (218)
黄沙坨火山岩油藏水平井稳油控水研究	曹海丽 武 毅 范世通 薛尚义 (222)
三维地质建模技术在新海 27 块水平井部署中的应用	王义刚 张丽娜 (226)
水平井技术在冷 41 块的应用	曹光胜 赵洪岩 刘 勇 司大志 (230)
水平井技术在欧 601 块的应用	薛尚义 周万山 (235)
静安堡低潜山裂缝性油藏水平井的开发部署研究	李 蔓 (238)
杜 84 块超稠油水平井开采规律研究	李晓漫 (243)
应用井间地震和水平井钻井技术高效开发薄层砂岩油藏	闫军生 李 成 (247)
冷家油田储采比与递减率关系研究	苑 丽 (250)
沈阳油田砂岩油藏注水开发配套技术	王志勇 (256)
水平井地质设计中需要注意的问题	张忠义 袁清秋 杨新标 孙洪军 曹光胜 (260)
稠油油藏吞吐末期开采与挖潜技术	周兴武 (263)
锦 16 块于楼中薄层特稠油油藏勘探开发潜力研究	陈显学 (267)
欢 127 块稠油油藏水侵规律研究	全宝东 (272)
欢 14-16 块低渗透油藏注水开发效果分析	王铁鹏 (276)
注 38 块稠油油藏一注多采井组试验效果评价	刁龙庆 (280)
稠油油藏蒸汽吞吐汽窜防治技术	王秀波 隋怡冰 张 威 (285)
曙一区杜 84 块超稠油水平井加密油藏适应性分析	周大胜 李成芹 王 强 国立刚 (291)
高效复合油层处理技术	韩海龙 (295)
VSP 测井技术在锦 612 块扩边中的应用	郭金瑞 (299)
太阳岛—葵花岛构造带天然气特征及其分布规律	赵福琴 (302)
信息技术在油田开发中的应用与发展方向	宋新芳 (306)
随机建模技术在水平井设计中的应用	汪宝华 冯 晰 郇志平 (311)
CGG 软件管理方法研究	徐友文 (316)
高升油田蒸汽驱高温集输工艺研究	彭振祥 孙皓妍 (323)
高气油比全自动称重式油井计量系统应用	陈立萍 彭振祥 孙皓妍 (327)
注汽锅炉在线化学清除灰垢技术	蒋生健 陆福刚 (330)
采油平台地面集输工艺新技术	徐恩宽 (337)
利用高温长效监测资料反演井间干扰特征参数	邓中先 (344)
稠油蒸汽吞吐测试技术及应用	赵业卫 (349)

龙—鞍山线降凝冷输试验研究	郑 猛 (354)
科尔沁低渗透油田降本增效的主要做法	邵建中 (360)
捞油技术研究与应用	周兴武 (365)
辽河东部凹陷火山岩喷发相模式	余丙俊 (369)
NINKA 吞吐采油技术在稠油油藏的应用	林 静 (377)

辽河油区水平井开发技术

张方礼 马德胜 马宏斌 姜来泽 孙洪军

(中油辽河油田分公司勘探开发研究院, 辽宁 盘锦 124010)

摘要: 本文阐述了辽河油区水平井在开发稠油薄油藏、边、底水区域边际储量, 裂缝型储层水平井改善开发效果, 老油田井间挖潜、SAGD 方式转换等方面的技术成果, 总结了辽河油区在水平井开发不同类型油藏实践中所形成的优化部署设计技术多项配套技术, 提出辽河油区水平井开发潜力方向, 对辽河油区水平井技术进一步推广应用起到指导作用。

关键词: 辽河油区; 水平井; 开发; 技术

1 概 况

辽河油田“八五”初期开始进行水平井技术应用研究,“九五”末到“十五”初,辽河油田水平井技术由于前期效果不理想,基本处于停滞阶段。根据形势需要,2003 年开始深入调研国外水平井先进技术,总结过去 10 年来水平井技术成功经验与失败教训,综合运用多种技术和手段,紧紧围绕水平井优化部署、设计和现场实施,开展研究工作,取得了显著的成果,水平井技术在不同类型油藏应用见到了良好的效果,成为辽河油田高效开发的一项重要技术,对油田的稳产和提高经济效益具有重要意义。其中水平井在开发火山岩油藏、小井距冷采普通稠油井间挖潜、稠油薄油藏滚动勘探开发、水平井与直井组合 SAGD 开采超稠油等方面在国内处于领先地位。

2 水平井开采技术研究伞得的主要技术成果

根据辽河油区开发的形势需要,选取了块状底水油藏边部、中厚层状边水油藏边部、薄油藏等边际储量、裂缝型储层、老油田井间加密、块状超稠油 SAGD 方式转换等方面进行水平井开发试验,均取得了突破性进展,试验表明水平井开发效果好于同时期直井,是直井产量的 2~5 倍。

2.1 底水油藏水平井开发有效地动用了直井无法动用的边际储量

块状底水油藏直井开发需要避射一定厚度,在油藏边部油藏薄,避射后,直井开发厚度薄,底水上升速度快,很难获得好的经济效益,水平井开发不形成水锥而是形成水脊或油脊,减缓底水推进速度,提高开发水平。

在冷 41 块底水油藏边部完钻水平井 7 口,均取得了好的开发效果,平均单井年累产油 7858t,是周围直井的 2~3 倍。

其中,冷 41-平 1 井,2004 年 3 月投产,水平段长度 321m,初期最高日产 117t,目前 2 周期未完,已经累计生产时间 361d,累计产油 14216t,阶段油汽比达到 1.23。

2.2 边水油藏水平井开发有效地缓解了层状油藏边水的舌进

欢 127-平 1、平 2 井是部署在欢 127 块兴隆台油层边水油藏边部的 2 口水平井,目的

是利用水平井减缓边水推进速度，有效动用边部储量。

平 1 于 2004 年 2 月完钻，完钻水平段长 200m，筛管完井，日产油 35~40t，目前生产 3 个周期，生产时间 302d，累计产油 7373t，油气比为 0.60，平均日产油是直井的 4~6 倍。实践证明边水油藏边部利用水平井开发效果明显。

2.3 薄油藏水平井开发效果好，有效盘活薄油藏边际储量

薄油藏尤其是稠油薄油藏，由于利用直井没有开发价值，一直没有受到足够的重视，很多情况是勘探上有了发现，上报了控制储量，但是由于没有开发价值而被搁浅，没有及时评价。辽河油田 5 口薄层水平井开发效果证明，利用水平井可以有效盘活由于油层薄而无法开发的薄油藏储量。

注 60 断块 s_{1+2} 油层油藏埋深为 1320~1430m，有效厚度为 10~20m，50℃ 地面脱气原油粘度平均为 28000mPa·s。上报探明地质储量 451×10^4 t，由于油层薄一直未动用。

该块前期 2 口试验水平井平均日产油分别为 27.2t 和 32t。其中平 103 井第 1 周期未完，生产时间 140d，累计产油 5300t，阶段油气比 1.32，平均单井日产油是直井的 2.46 倍。

2.4 针对老区剩余油的特点，水平井挖潜井间潜力取得好效果

老区井间挖潜油藏特点：油藏压力低，内部油层动用不均匀，剩余油高度分散。针对上述问题开展水平井井间挖潜研究，根据剩余油分布特点部署挖潜水平井。

新海 27 块东营组油层，地面原油粘度为 1972~3599mPa·s，为边底水构造油藏。单井日产油 2.3t，综合含水 89.2%，采出程度 13.2%。在剩余油富集区部署了 3 口水平井。海平 1 井完钻水平段长度 400m，投产后日产油 15.0t，含水 70%，好于直井的效果，为老油田提高采收率摸索了一条有效途径。

2.5 直井、水平井组合 SAGD 转换方式试验，水平井吞吐阶段效果显著

杜 84 块兴Ⅵ组是一个块状底水油藏，直井开发已经平均 7 个轮次，为了配合直井、水平井组合 SAGD 转换方式试验，部署了杜 84-平 45、平 46 井 2 口加密井。目前杜 84-平 45、平 46 井均已完成 2 个吞吐周期，累计产油 27412t，平均日产油 48.4t，油气比 0.68，好于周围直井第 1 周期的油气比 0.46，取得了良好的效果。

2.6 裂缝性油藏水平井开发初期产能高，含水低，递减慢

裂缝性油藏现已投产 3 口水平井：小 22-平 1、小 22 平-2 和沈 625-平 1 井，初期日产油分别为 57.2t、25.5t、41.7t，含水低（小 22 平-2 井为 17.5%）。裂缝性油藏中生产时间较长的小 22-平 1 井产油量的月递减率只有 3.5%~7.5%。沈 625-平 1 则表现为稳中有升，产量从 40t/d 增加到 50t/d 以上。

3 水平井开发形成的配套技术

3.1 油藏地质三维建模技术

为了准确描述油藏的空间展布形态，优化水平井部署、设计，为水平井设计、跟踪和油藏数值模拟提供可靠的地质模型，采用相控地质模型软件 RMS 进行油藏地质建模，在构造建模、沉积微相模拟的基础上进行储层物性模拟，合理描述了储层在空间上物性的非均质性，在垂向上完全利用井数据，模拟的结果符合成因控制学规律。

3.2 水平井整体优化部署技术

不同类型油藏单水平井的开发试验为水平井规模化推广应用奠定了基础，开展了以区块

为单元的水平井整体规划部署，形成了一套水平整体优化部署技术，以注 60 块 s_{1+2} 段油层水平井整体部署为例介绍这方面的技术。

3.2.1 水平井布井厚度优化

水平井布井厚度优化基于油藏地质模型，通过数值模拟和经济评价进行。保持其他参数不变，改变油层厚度进行模拟和评价，结果显示油层厚度大于 6m 时，财务净现值为正值，因此确定油层厚度 6m 作为该块水平井部署下限（表 1）。

表 1 注 60 块 s_{1+2} 油层水平井部署油层厚度下限综合评价

原油售价 / (元/t)	有效厚度 /m	注汽量 /t	产油量 /t	净产油 /t	油汽比	销售收入 /10 ⁴ 元	钻井投资 /10 ⁴ 元	操作成本 /10 ⁴ 元	地面建设 /10 ⁴ 元	纯收入 /10 ⁴ 元
1149	4	16500	7500	6321.4	0.45	726.3	492	221.6	143.4	-130.7
1149	6	22000	11300	9728.6	0.51	1117.8	492	341.1	143.4	141.3
1149	8	27500	14700	12735.7	0.53	1463.3	492	446.5	143.4	381.4
1149	10	33000	17700	15342.9	0.54	1762.9	492	537.9	143.4	589.6
1149	12	33000	18774	16416.9	0.57	1886.3	492	575.6	143.4	675.3
1149	14	33000	19824	17466.9	0.60	2006.9	492	612.4	143.4	759.2

3.2.2 水平井延伸方向优化

由于油层薄，地层产状缓，水平井延伸方向平行物缘方向，有利于确保油层钻遇率。

3.2.3 水平段长度优化

选取长度 200m、250m、300m、350m、400m 进行模拟研究，结果显示累产油随水平段长度增加而增加，但是，当长度增加到 300m 以后油汽比开始下降，综合考虑认为水平段长度在 250~350m 之间比较合适。

3.2.4 井距确定

采用单控储量法、数值模拟法、经济评价确定井距，选取 100m、150m、200m 进行比较研究，确定井距为 150m（表 2）

表 2 水平井井距综合评价

行距 /m	单控储量 /10 ⁴	注汽量 /t	产油量 /	净采油量 /	油汽比	采出程度 /%	毛收入 /10 ⁴ 元	钻井投资 /10 ⁴ 元	地面建设 /10 ⁴ 元	操作成本 /10 ⁴ 元	经济效益 /10 ⁴ 元
100	4.95	165060	86652	74862	0.52	29.13	8601.6	2952	860.4	2624.7	2164.6
150	8.36	133280	73444	63924	0.55	21.96	7344.9	1968	573.6	2241.2	2562.1
200	12.38	117390	62724	54339	0.53	16.89	6243.6	1476	430.2	1905.1	2432.2

3.2.5 注采参数优化

利用数值模拟的方法对水平井蒸汽吞吐注汽参数及相关设计参数进行优选，结果为：

- (1) 第 1 周期注汽强度：16t/m，第 2 和第 3 周期注汽量分别在上一周期基础上递增 10%，第 4 周期后注汽量不再增加。
- (2) 注汽速度大于 400t/d。
- (3) 井底蒸汽干度大于 40%。
- (4) 焖井时间 5~7d。

3.3 不同类型油藏水平井设计技术

在水平井设计过程中,不同类型油藏考虑的侧重点不同。

(1) 在块状底水油藏水平井水平井部署中,避底水距离是设计中的关键。研究认为,水平段避底水距离为油层厚度的 $2/3$ 为最佳,并且保持水平段为水平避底水效果最好。

(2) 对于层状边水油藏边部直井无法动用的区域,部署水平井能有效缓解边水推进速度,设计需要重点考虑水平井与边水的距离,防止边水过早推进影响开发效果。研究认为,水平段避边水距离受边水能量和储层水平渗透率影响最大,具体部署时需根据边水能量、渗透率等参数数值模拟出水平井有效避边水距离。

(3) 薄层水平井部署油层厚度下限受油藏埋深、储层物性、原油性质等多种地质因素制约,需要对整个油藏进行综合评价,确定具体某个油藏的水平井布井厚度下限值是设计中的关键。目前,针对辽河油田现有的技术条件,在水平井部署时主要考虑的薄油藏的厚度在大于 5m 以上布井。但这绝不是最终的下限值,在具体部署时,要根据油藏的具体情况,由精细地质模型出发,通过数值模拟的手段进行产能预测、经济评价,确定水平井布井厚度下限值。

(4) 老区间挖潜油藏具有油藏压力低,内部油层动用不均匀,剩余油高度分散的特点。部署的关键点在于落实剩余油富集区。

(5) 裂缝性油藏为增加泄油面积,水平井段位置应在油层的中上部,水平井走向应垂直裂缝走向或者以 45° 以上高角度钻穿裂缝,增加钻遇裂缝的概率。因此在水平井部署时,裂缝发育段及裂缝方位是研究重点。

3.4 直井与水平井组合 SAGD 设计技术

蒸汽辅助重力泄油 (SAGD) 是水平井注蒸汽热采技术中的一种,适用于稠油、超稠油及沥青油藏的开发。它有两种形式:一种是水平井与水平井组合形式;另一种是直井与水平井组合形式。直井与水平井组合形式的生产过程首先是上部直井与下部水平井同时吞吐生产,它们各自形成独立的蒸汽腔,随着吞吐轮次的增加,蒸汽腔不断扩大,直至相互连通;通过测温、测压资料进行井间监测,当直井与水平井的蒸汽腔连通后,进入 SAGD 生产阶段,此后直井转为注汽井,持续向油藏内注入蒸汽,下部水平井采油。

根据曙光油田杜 84 块兴隆台油层块状超稠油油藏开发特点,采用直井与水平井组合 SAGD 形式进行方式转换试验,通过油藏数值模拟方法对布井方式、水平段长度、水平段在油层中的位置等进行了优化设计,目前有 1 个井组顺利转为 SAGD 阶段,效果较好,形成了一套直井与水平井组合 SAGD 设计技术。

3.5 薄油藏水平井滚动勘探开发技术

水平井在辽河油区薄层稠油油藏的成功实施,促进了水平井在新区滚动勘探开发中的迅速推广和应用。

欢 2-平 1 井是部署在欢 2-48-38 块 1 口评价水平井。在水平井设计时重点考虑落实储层及油层发育情况,因此设计了导眼井先进行评价钻探。根据导眼井钻探结果设计水平段参数,投产初期日产油 40t ,目前累产油 3017t ,新增含油面积 0.51km^2 ,储量 $39 \times 10^4\text{t}$ 。该井的成功钻探探索出薄油藏“导眼控制、水平井试采”的滚动勘探开发的新模式。

3.6 水平井优化地质设计技术

影响水平井开发效果因素很多,但主要影响因素是油层钻遇率,因此如何提高钻遇率是水平井优化地质设计的主要任务。针对辽河油区复杂的地质情况,在水平井地质设计过程

中,除了对部署区进行精细油藏地质研究外,主要采取了以下几种有针对性的措施。

3.6.1 水平段方向的“虚拟井”

虚拟井实际上就是利用邻近井进行井间插值的方法预测出1口假想井,通过做水平段方向上虚拟井的油藏剖面,可以预测出水平段方向上目的层的分布、隔夹层、油水关系等特征,从而优选出最佳水平段轨迹。

3.6.2 设计导眼井

导眼井是在钻水平井段之前,先在入口点前或后钻开目的层井。待取完各项资料后回填至一定深度,根据重新落实的目的层顶、底界,修改原水平井段设计参数,其作用主要是引导水平段进入目的层。根据导眼井在入口点前后,又分为前导眼和后导眼(图1、图2)。

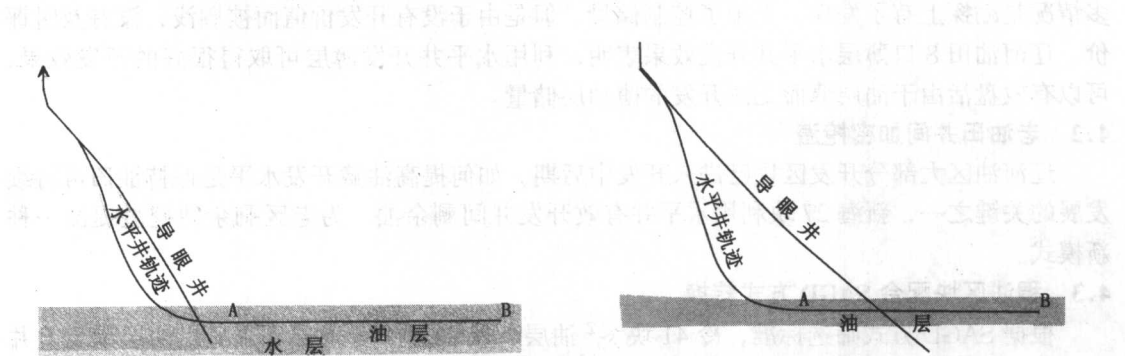


图1 前导眼示意图

图2 后导眼示意图

3.6.3 钻遇设计靶点时进行测井验证

水平井成功入靶是水平井现场施工中的关键环节,但是由于地下地质条件的复杂性会出现很多意想不到的情况,比如入靶时钻入泥岩夹层等情况时有发生,因此在设计时明确要求在钻遇设计靶点时进行测井,借助测井资料的对比来判断是否进入目的层。

3.7 水平井随钻调整技术

目前钻井技术已经达到精确制导水平,但是地下地质情况不可能预测十分准确,这就决定了水平井现场施工必须根据实钻情况进行优化调整,在现场跟踪时,首先综合各种资料,制定出钻井地质跟踪方案,派有经验的地质技术人员进行现场把关,根据靶点前多个标志层,充分利用钻时资料、岩屑录井、荧光录井等综合录井信息对水平段的钻井进行实时监控,随时调整,形成了一套水平井随钻调整技术。

4 辽河油区水平井潜力

根据水平井适应的油藏类型和油藏条件分析,辽河油区水平井潜力主要集中在边底水区域直井无法动用的边际储量、薄层直井无法动用、井间加密挖潜、特殊类型油藏、配合SAGD方式转换提高采收率等方面。

4.1 开发经济边际储量

经济边际油藏主要有三类:一是指稠油油藏开发受经济指标等因素的制约,一般在油层有效厚度15~20m以上布井,15m以下油层为经济边际储量;二是指由于受边底水的影响,油藏边部利用直井无法有效开发储量;三是指直井无法开发的薄油藏。

4.1.1 老区边部油层厚度小于 15m 区域经济边际储量

边部经济边际储量主要位于稠油油藏的边部,有效厚度小于 15m 区域,这一区域是将来水平井挖潜方向之一。

4.1.2 边底水区域直井无法动用储量

通过边底水区域水平井现场试验认为,水平井开发此类油藏具有很好的开发效果,可有效减缓边底水推进速度,提高油藏动用程度,边底水区域直井无法动用储量是水平井应用潜力区。

4.1.3 直井无法动用薄油藏边际储量

薄油藏尤其是稠油薄油藏,由于利用直井没有开发价值,一直没有受到足够的重视,很多情况是勘探上有了发现,上报了控制储量,但是由于没有开发价值而被搁浅,没有及时评价。辽河油田 8 口薄层水平井开发效果表明,利用水平井开发薄层可取得很好的开发效果,可以有效盘活由于油层薄而无法开发的薄油层储量。

4.2 老油田井间加密挖潜

辽河油区大部分开发区块已进入开发中后期,如何提高油藏开发水平是保持油田可持续发展的关键之一,新海 27 块利用水平井有效开发井间剩余油,为老区剩余油挖潜提出一种新模式。

4.3 稠油区块配合 SAGD 方式转换

根据 SAGD 方式筛选标准,冷 41 块 s_3^2 油层、杜 84 块 N_g 油层和兴 VI 组油层满足直井与水平井组合 SAGD 的油藏地质条件,目前这些块已在进行直井与水平井组合 SAGD 的井组试验,先期完钻的水平井已经转入 SAGD 阶段,显示了较好的开发前景。

4.4 海上油田水平井开发潜力

水平井在开发海上油田优势较为明显,可以降低投资,有效开发直井开发不经济油藏。辽河油田海上的太阳岛、葵花岛、笔架岭、月海等块东营组油层由于位于海上,开发成本高,一直未开发,是水平井开发主要潜力区之一。

4.5 其他未动用储量水平井潜力

辽河油区未动用区块 164 个,累计未动用含油面积 378.1km^2 ,石油地质储量 $49529.4 \times 10^4\text{t}$,分布零散,块内控制井少,油层控制程度低,油藏条件差,油井试采效果不好,基本上属于难采储量。随着水平井采油技术的不断提高,利用水平井采油技术合理有效开发这些区块已成为可能。

5 结论与认识

(1) 水平井在开发薄油层、边、底水区域边际储量,老油田井间挖潜、SAGD 方式转换等方面具有明显优势,可作为一项常规技术推广应用。

(2) 不同类型油藏水平井开发实践,形成了适应不同类型油藏水平井部署设计技术,提出薄油藏水平井滚动勘探开发新模式,摸索出提高水平井油层钻遇率的技术对策。

(3) 辽河油区水平井潜力主要集中在边、底水区域直井无法动用的边际储量、薄油藏直井无法动用、直井井间加密挖潜、特殊类型油藏、配合 SAGD 方式转换提高采收率等方面。

参考文献

[1] 刘华勇. 特稠油水平井热采技术经济评价方法及应用 [J]. 江汉石油学院学报 (社科版), 2005, 4

(1): 26~28

- [2] 崔传智, 刘显太, 邢正岩, 王建勇. 水平井设计参数优选及开发指标预测方法研究 [J]. 海洋石油, 2005, 25 (1): 63~66
- [3] 王青, 吴晓东, 刘根新. 水平井开采底水油藏采水控锥方法研究 [J]. 石油勘探与开发, 2005, 32 (1): 109~111
- [4] 张永庆, 李蕾, 凌雨, 陈付平, 杨德永. 储层预测与监测技术在水平井地质导向钻井中的应用 [J]. 大庆石油地质与开发, 2004, 23 (6): 53~54

大民屯凹陷勘探认识及前景

修景涛

(中油辽河油田分公司沈阳采油厂, 辽宁 新民 110316)

摘要: 本文总结了沈阳油田 30 多年来在油田勘探中所取得的成功做法及成果, 详细论述了近期的勘探新发现, 在分析大民屯凹陷勘探潜力的基础上, 明确提出了下步勘探方向, 并对“十一五”期间的勘探工作进行了规划。

关键词: 大民屯凹陷; 勘探认识; 勘探潜力; 勘探目标; 规划

1 大民屯凹陷基本情况

大民屯凹陷位于辽河凹陷的东北部, 基底岩性以太古界混合花岗岩和元古界碳酸盐岩为主, 凹陷盖层为新生界; 沉积地层自下而上为: 下第三系房身泡组、沙河街组四段、三段、一段、东营组、上第三系馆陶组、明化镇组及第四系平原组, 最大沉积厚度为 7000m。

凹陷南宽北窄, 地质结构为不规则箕状断陷, 平面上呈三角形, 面积约为 800km^2 , 凹陷东西两侧为边界断层, 由于受不同期次区域应力场的作用, 凹陷内断裂发育, 主要有北东向、北西向、北向三组断裂系统, 控制凹陷内各构造单元的形态和展布。

凹陷主要烃源岩为沙四段、沙三段, 储集层为下第三系碎屑岩、中上元古界碳酸盐岩及太古界变质岩储层。下第三系碎屑岩储层岩性为砂砾岩、含砾砂岩、砂岩, 发育冲积扇、扇三角洲、三角洲、河流等多种砂体类型, 中上元古界碳酸盐岩的储集空间以裂缝、溶蚀孔洞和风化壳为主, 岩石类型有灰岩、白云岩和石英岩。太古界变质岩储层以裂缝为主, 岩石类型有变粒岩、浅粒岩、混合花岗岩。

大民屯凹陷石油资源量 $6 \times 10^8\text{t}$ 。凹陷从 1971 年开始钻探, 先后发现太古界、中上元古界、下第三系的沙四、沙三、沙一 5 套含气油层系。截至目前累计探明含油面积 189.0km^2 , 石油地质储量 $31973 \times 10^4\text{t}$ 。已探明储量主要分布在静安堡断裂构造带、前进断裂半背斜构造带和边台—法哈牛构造带。根据油藏构造位置和油品性质划分为 4 个油田: 静安堡油田、大民屯油田、边台油田和法哈牛油田。

大民屯凹陷油品性质复杂多样, 原油凝固点 $-27 \sim 64^\circ\text{C}$, 高含蜡、高凝固点是大民屯凹陷的主要油品特征 (占 70.3%), 总体上讲凹陷南部含蜡量和凝固点低, 多为稀油和混合型原油, 凝固点一般在 $25 \sim 38^\circ\text{C}$; 向北凝固点逐步升高, 主要为高凝油, 凝固点一般在 $42 \sim 58^\circ\text{C}$, 最高达 67°C , 含蜡量为 30%~40%。

沈阳油田于 1986 年 10 月正式投入开发, 1988 年 $300 \times 10^4\text{t}$ 产能的骨架工程全面建成, 1991 年达到产量高峰 $302 \times 10^4\text{t}$ 。截至目前共有 20 个油藏单元投入开发, 动用含油面积 112.6km^2 , 石油地质储量 $24089 \times 10^4\text{t}$, 可采储量 $5860 \times 10^4\text{t}$, 动用程度 75.3%。

2 大民屯凹陷勘探历程及取得的认识

大民屯凹陷勘探工作始于1955年,1971年开始钻探,沈1井首见高凝油,沈2井首次钻达基底——元古界地层,1972年沈5、沈6井首获工业油气流,1982年胜3井发现太古界混合花岗岩潜山油藏,1983年静3井发现中上元古界灰岩潜山油藏,试油产量均达到100t/d以上,1984年安74井喜获千吨高产,从而打开了大民屯古潜山勘探的新局面,同时还找到了大面积连片的沙三段油藏,找到了4种类型的复式油气聚集带(中央基岩隆起一下第三系岩性构造复式油气聚集带;陡侧基岩断阶一下第三系岩性鼻状构造复式油气聚集带;缓坡单面山—岩性断裂背斜构造复式油气聚集带;凹陷中心构造岩性复式油气聚集带)。不仅找到了储量丰富的高凝油,而且找到了大面积分布的稀油。从而发现了辽河油区第5个超亿吨石油地质储量的油田——静安堡油田,大民屯凹陷成为全国面积在1000km²以下的小凹陷中探明石油地质储量最多的地区。纵观沈阳油田的勘探开发历史,可以得到以下认识:

2.1 传统观念的突破,是油田勘探实现突破的关键

如果说“陆相生油”说使我国甩掉“中国贫油”的帽子,那么复式油气聚集理论则是沈阳油田乃至环渤海湾地区诸多油气田发现的根本。“大民屯凹陷潜山油藏油水界面在3000m左右”陈旧观念的突破,成就了沈625—沈229潜山、沈257潜山、沈253潜山的重大发现和突破,也使得沈628、沈233、沈266、沈275井等勘探亮点出现,逐步形成了“山不在高,有缝则灵”的低潜山勘探新观念,也带来了大民屯凹陷第三个增储高峰期。沈119、沈34井沙四段试油获得工业油流,打破了大民屯地区沙四段埋藏深、物性差,不具备工业油流条件的观念,实现了沙四段勘探的新突破,沙四段逐渐成为新的勘探增储和实现产能接替重要层系

2.2 科学技术的发展,是油田勘探发展的原动力

沈阳油田的勘探开发历史可以说就是一部技术发展史,沈阳油田的建成,可以说是众多科技成果的结晶。首先是地震技术发展,才有三上大民屯,才有大民屯凹陷勘探上的大发现。沈阳油田的勘探始于20世纪50年代末60年代初,航磁、重力电法勘探发现了大民屯凹陷。到20世纪70年代五一型地震单次覆盖仅在前当堡、偏堡子、法哈牛、兴隆桥、韩三家子5个浅层构造上发现砂岩油藏,探明石油地质储量为 5378×10^4 t,含油面积为51.2km²,预测油气资源 0.78×10^8 t。到20世纪80年代初期,油田勘探开发技术有了突破性发展,油田勘探增储也达到了高峰,三维地震技术、地震地层学研究、复式油气藏理论的成功应用,搞清了凹陷基底形态和内部断裂发育基本特征,发现了多种类型含油圈闭,突破了潜山勘探的新领域;地层测试技术、闭式热水循环采油工艺、水利活塞泵采油、电缆井下伴热等采油工艺的成功,突破了高凝油试油、试采的难关。这一阶段探明石油地质储量为 1.9×10^8 t,预测资源量为 4×10^8 t。

近几年地震采集、处理、解释技术又有新的发展,高覆盖、高分辨率地震资料采集技术、地震资料保真处理技术、偏移处理、高精度储层预测技术、相干分析技术、特殊岩性储层识别等新技术的应用,使油田精细勘探有了新的进展。“十五”期间新增探明储量为 4238×10^4 t,有效地缓解了油田产能接替不足地矛盾,使油田探明储量达到 3.1973×10^8 t,预测资源量 6×10^8 t。随着勘探工作不断取得新突破,以及地质研究工作的深入开展,“十五”期间,以低潜山为主战场,产能建设工作稳步开展。沈179块的滚动扩边、沈625—