

主 编 张庆昌 蓝子天
副主编 周 鹰 韩树柏



金马油田

勘探开发实践

辽宁科学技术出版社

金马油田勘探开发实践

主 编 张庆昌 蓝子天
副主编 周 鹰 韩树柏

辽宁科学技术出版社
沈阳

内 容 提 要

本书汇集了辽河金马油田股份有限公司近年来的科技论文 89 篇。作者均是长期从事油田科研生产任务的技术骨干,具有丰富的专业理论知识和现场实践经验。本书共分综合、勘探开发、采油工艺以及其他 4 个栏目,系统地介绍了“十五”期间金马公司在生产、科技、经营、管理等方面取得的成就,具有较强的实用价值,可为从事石油行业的科研技术人员和有关石油院校师生提供一定的参考。

图书在版编目(CIP)数据

金马油田勘探开发实践/张庆昌,蓝子天主编. —沈阳:
辽宁科学技术出版社,2006.11
ISBN 7-5381-4895-7

I. 金… II. ①张… ②蓝… III. ①油气勘探—研究—盘锦市
②油田开发—研究—盘锦市 IV. P618.130.8 ②TE34

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 130498 号

出版发行:辽宁科学技术出版社

(地址:沈阳市和平区十一纬路 25 号 邮编:110003)

印 刷 者:辽河石油报印刷厂

经 销 者:各地新华书店

幅面尺寸:184mm×260mm

印 张:24.75

字 数:500 千字

印 数:1~1000

出版时间:2006 年 11 月第 1 版

印刷时间:2006 年 11 月第 1 次印刷

责任编辑:韩延本 高 鹏 秦丽娟

封面设计:张士勋

版式设计:徐云杰

责任校对:良 仁

定 价:90.00 元



张庆昌，男，高级工程师，1959年11月生于辽宁省庄河县。1983年8月毕业于大庆石油学院石油地质专业，2002年7月获得硕士学位。从1995年至今，历任辽河石油勘探局科尔沁油田开发公司副经理，辽河油田兴隆台采油厂副厂长，油气试采公司经理兼党委副书记，辽河金马油田股份有限公司总经理兼党委副书记等职。



蓝子天，男，工程师，1962年生于辽宁省彰武县。1982年7月毕业于辽河石油学校采油工程专业，2000年12月获得辽宁省委党校工商管理硕士学位。从1998年至今，历任辽河金马油田股份有限公司副总经理，辽河油田沈阳采油厂党委书记兼副厂长，辽河金马油田股份有限公司党委书记兼副总经理等职。

前 言

辽河金马油田股份有限公司位于辽宁省盘锦市,成立于 1998 年,被称为“中国石油第一股”。公司下辖 3 个油田,地跨盘锦和鞍山两市,探明含油面积为 31km^2 ,地质储量为 $9634 \times 10^4\text{t}$,共有油井 917 口。目前年生产能力为 $70 \times 10^4\text{t}$,公司上市以来,已为国家生产原油 $796.38 \times 10^4\text{t}$,天然气 $4.95 \times 10^8\text{m}^3$ 。

金马公司地质状况复杂,油品性质差异较大,以生产稠油为主。在开采方式上,3 个油田分别采用常规稠油注水、热采吞吐和天然能量开采 3 种方式。“十五”期间,公司广大科技工作者牢固树立“科技兴油”理念,立足自主创新、融合改进,针对砂、蜡、水、稠等难题,积极开展科技攻关和新技术推广。在生产技术上广泛运用了三维地震、VSP 测井、地化录井、水平井技术、侧钻技术、汽驱技术及压裂、酸化、防砂、调驱、堵水、分注等国内国际先进技术,实现了增储、增产、增效,推动了企业的持续高效发展。五年来,公司共完成科技项目 151 项,增油 $48.7 \times 10^4\text{t}$,并获得省部级科技创新奖 3 项,获公司级科技创新奖 24 项。

本书重点汇集了“十五”期间金马公司生产、科技、经营等方面的实践成果,部分文章对公司前景作出了前瞻性的分析和展望。正值“十一五”开局之年,将其汇编成册,希望该书的出版对金马公司广大员工“十一五”期间的工作能够提供有益的帮助,同时也希望该书能为国内外同行提供有益的借鉴。

编者
2006 年 8 月

目 录

综 合

金马油田“十五”勘探开发成果及“十一五”展望	张庆昌 周 鹰 张金红(3)
以“六篇文章”为统领 实现企业可持续发展	蓝子天(11)
磨料射流切割金属套管机理的研究	于鸿椿(15)
黄沙坨火山岩油藏压裂技术研究与应用	韩树柏(19)

勘探开发

注 38 块东部地区成藏机理分析与滚动勘探实践	赵立文(27)
注 38 块深层特稠油油藏吞吐后期提高单井产量技术研究	汪小平 唐纪云 王建文(31)
黄沙坨火山岩油藏递减规律及影响因素研究	景 峰(36)
动态监测资料在黄沙坨油田的应用	嵇伟民(40)
小洼油田氮气压水锥采油可行性研究	唐纪云(44)
动态监测技术在不同类型油田的应用	朱 威(48)
优化地质方案,配套工艺技术,提高海外河油田水驱动用程度	刘 霞(53)
海 1 块注堵调一体化技术提高采收率研究	李铁栓 伍志敏(57)
海外河西部地区构造—岩性油气藏预测研究	景 峰(61)
黄沙坨油田煤层气保存条件及开发前景	张丽杰(65)
黄沙坨粗面岩油藏开发技术研究	霍宇嘉(70)
应用综合技术改善海 26 复杂断块开发效果	张钦花(75)
CO ₂ 吞吐技术在海 26 块可行性研究	吕晓凤(79)
火山岩裂缝性油藏开采规律研究及应用	袁晓飞(83)
海外河油田产量递减规律预测	张金红(88)
新海 27 块水平井开采特征分析	刘 兵(91)
注 38 块东二段油层细分与对比方法研究	孙洪安 常 斌 贾丽平(94)
注 38 块沙三段油层蒸汽吞吐后期转蒸汽辅助重力泄油数模研究	刘志明 鲍君刚(97)
深层特稠油油藏吞吐后期蒸汽驱试验研究	贾丽平(101)
复合型驱油剂在小洼油田的试验研究	冯翠华(106)
海外河油田高温预膜减阻剂驱油可行性实验研究	杨 开 王希芹(110)
海外河油田微生物降粘技术实验研究	顾 宏(114)
李联型表面活性剂在稠油油藏的实验研究	王东华(118)
海 20—30 块稳产措施与研究	李晓佳 伍志敏 宣佳博 刘照辉(122)
黄沙坨裂缝性火山岩油藏注水开发影响因素分析	王国雨 嵇伟民(126)
提高海 1 块水驱采收率对策研究	安丽莉(129)
提高小洼油田蒸汽驱效果研究	常栋霞(134)
应用“深调浅堵”技术治理注 38—30—026 井水淹	韩淑珍(136)
深度调剖技术在海外河油田的优化实施	陈志会(139)
侧钻井技术在小洼油田挖潜中的应用	海东明(143)

侧钻井在海外河油田挖潜中的应用	安丽莉 杨丽妍 郭黎香(147)
黄沙坨油藏中高含水期挖潜技术研究	刘文梅(151)
利用水平井挖掘边底水油藏锥间带剩余油	贾丽平(155)
洼 38 块沙三油层停产井挖潜对策研究	杜 梅(159)
火山岩油藏注水开发效果及问题探讨	孙建光 李 建 伍友佳(163)
海外河油田综合性找堵水技术的应用	张钦花 刘 兵 伍志敏(168)
调堵排一体化技术在小洼油田的研究与应用	顾 宏 王东华 吕晓凤(172)
防砂堵水一体化技术在海外河油田的研究与应用	冯翠华(177)
小洼油田分层配汽技术实施效果研究	周瑞敏(181)
碳氧比测井在海外河油田的应用	范 姝 闫玉秀(186)
化学示踪剂监测在黄沙坨火山岩油藏中的应用	张丽杰(189)

采油工艺

海外河油田油层保护综合技术的研究与应用	梁华林(195)
小洼油田套损井、侧钻井配套防砂技术	汪小平 曹鹏青 阚新伟 徐恩金 王 勇(200)
小洼油田难采储量开发配套工艺技术试验研究	王建文 张红梅 白文海 宋文侠(204)
长井段分层防砂工艺技术研究	杨忠培(208)
井下节流工艺在黄沙坨油田气井中的应用	嵇伟民(212)
二元复合驱油技术在小洼油田的研究与应用	王 璞 赵海滨 张海燕(216)
侧钻井小套管分层注水及测试技术	阎俊林 张春堂(221)
海外河油田螺杆泵采油配套工艺技术	白文海 周瑞敏 庄彩云(224)
小洼油田井口加药降粘输送方法初探	普富亮(228)
一次管柱防砂技术在海外河油田的应用	杨丽妍(232)
洼 38 块稠油油藏防砂技术优化	白文海(237)
小井眼井筒内捞砂技术在小洼油田的研究与应用	张新委 彭龙案(242)
地层深部防砂复合型携砂液的研究与应用	曹鹏青(246)
多脉冲压裂综合解堵技术在海外河油田的应用	乐庸军(251)
智能分层找油找水技术在海外河油田的试验研究	张 君(255)
高吸水性树脂堵水技术在海外河油田的应用	杨 开(259)
钢丝网套金属纤维筛管的研制与应用	张红梅(262)
井下多功能阀在黄沙坨油田的应用	马 强 周 鹰 嵇伟民(266)
液体粘性调速离合器调速技术在注水系统中的应用	赵滨海(270)
海一联合站稠油化学预脱水工艺技术研究	武斌安(274)
黄沙坨油田井下防污染增效技术实践与认识	张新委(279)

其 他

黄沙坨油田油井结蜡原因分析及治理对策	马 强 袁晓飞 张 伟 嵇伟民(285)
小洼油田大修主要技术分类及应用	王 勇 闫俊林 孙胜利(289)
抽油机井系统效率预测与评价软件在海外河油田的应用	刁龙庆(292)
小洼油田注汽管网热能损失分析及对策	杨靖华(298)
注汽锅炉燃料油不完全燃烧因素分析与措施	雷光明 王 丽(302)
称重式油井计量器在金马油田的实验与应用	赵忠俭(306)

输油管道泄漏实时监测系统在金马油田的应用 武斌安 赵滨海(309)

电子井位信息模板的创建与应用研究 常 斌 海东明 刘俊杰(314)

采油工程数据库信息系统在金马油田生产管理中的应用 许秀珍(316)

本量利分析法在单井效益评价中的运用 王殿贵(319)

“五分一体”成本控制体系的建立 崔红杰 张 伟 孙振勇(324)

试析我国油气田企业产量—成本之纠葛 赵海利(328)

初探责任会计在基层采油生产单位的应用 韩鹤松(332)

会计人员诚信操守的选择性成本因素分析 赵海利(336)

石油行业会计人才培养问题研究 王小舟(340)

浅谈石油期货 王小舟(347)

浅论抵押合同的性质 李鲁建(351)

加强企业法制建设 防范企业法律风险 赵建新(356)

企业经营风险及其法律防范 赵建新(361)

浅议我国失业问题与失业保险 韩鹤松(366)

盘活人力资源是提升企业核心竞争力的基础前提 陈 毓 王丽君 侯 柏(372)

国有企业人才的使用现状及其分析 田 勇 殷广富 刘国忠(376)

洼 38 块吞吐后期稳产对策 张庆昌 周 鹰 孙洪安 张金红 贾丽平(380)

综 合

金马油田“十五”勘探开发成果 及“十一五”展望

张庆昌 周 鹰 张金红

(中油辽河金马油田股份有限公司, 辽宁, 盘锦, 124010)

摘要:金马公司管辖的3个油田油品性质不同,开发方式不同,所处的开发阶段不同,“十五”期间通过依靠科技进步、综合应用多学科成果进行勘探开发,使油田综合管理水平不断提高。在“十一五”期间要继续以科技进步为依托,探索提高储量替换率和采收率的新途径,不断提高油田勘探开发水平。

关键词:勘探开发;综合管理;储量替换率;采收率;金马公司

前 言

金马公司管辖着3个地质特点、开采特点迥异的油田。“十五”以来,通过加强滚动勘探综合研究,发现并成功开发了黄沙坨油田;按照“六分四清”的要求开展注水工作,使海外河油田采收率不断提高;以停产井复产、优化注汽和蒸汽驱为主要手段,实现了小洼油田蒸汽吞吐末期持续稳产。

“十一五”期间,为进一步改善金马油田开发效果,提高开发水平,要以科技进步为依托,搞好新区勘探和老区扩边增储工作,利用综合手段提高注水油藏的水驱波及系数,通过开发方式和开采方式的转变,使处于递减末期的稠油油田保持持续稳产,为金马油田长期、持续、有效的发展奠定了坚实的基础。

1 油田概况

金马公司探明含油面积 31km^2 ,探明石油地质储量 $9634 \times 10^4\text{t}$,动用含油面积 25km^2 ,动用石油地质储量 $8484 \times 10^4\text{t}$ 。其中:海外河油田为普通稠油油田,1989年投入开发,探明并动用含油面积 13.3km^2 ,探明并动用石油地质储量 $4217 \times 10^4\text{t}$,主要采用注水方式开发;小洼油田为深层特稠油油田,1991年投产,动用含油面积 8.9km^2 ,动用石油地质储量 $3224 \times 10^4\text{t}$,主要采用蒸汽吞吐方式开发,目前处于吞吐开采的末期;黄沙坨油田是近几年依靠新理论、新技术发现的国内首个粗面岩裂缝性油藏,探明含油面积 7.4km^2 ,探明石油地质储量 $1640 \times 10^4\text{t}$,动用含油面积 2.8km^2 ,动用石油地质储量 $1043 \times 10^4\text{t}$,主要依靠天然能量开发。“十五”以来,针对3个油田不同的地质特点,采取了科学的治理对策,油田开发均取得了良好的效果,油田开发水平处于同类油藏的前列。

截至2005年12月,金马公司共有油井915口,开井681口,日产油1960t,年产油 $76.91 \times 10^4\text{t}$,采油速度0.91%,综合含水84.9%,累计产油 $1637 \times 10^4\text{t}$,采出程度19.3%,采出可采储量的81.0%;注水井139口(包括6口中心注汽井),开井111口,日注水平 5334m^3 ,年注水 $138.97 \times 10^4\text{m}^3$,月注采比0.49,累计注采比0.48;稠油年注汽 $81 \times 10^4\text{t}$,年产油 $22 \times 10^4\text{t}$,年油汽比0.27,其中吞吐年注汽 $54 \times 10^4\text{t}$,年产油 $19.4 \times 10^4\text{t}$,年油汽比0.36,吞吐井平均吞吐10个周期,汽驱年注汽 $27.22 \times 10^4\text{t}$,年产油 $3.06 \times 10^4\text{t}$,年油汽比0.11。

2 “十五”期间勘探开发主要工作及成果

2.1 利用新理论新技术进行勘探研究,探明储量逐步上升

在东部凹陷,应用构造地质学、岩石学、地应力学等基础理论结合叠前时间偏移、储层反演、3DMOVE 软件等勘探新技术,突破火成岩分布占据碎屑岩沉积空间,不利于烃源岩和碎屑岩储层的发育,火山活动易破坏早期已经形成的油气藏,而火成岩致密、坚硬、物性差,很难作为储集层,一般只作为盖层的传统认识,创新应用火山岩油气成藏理论,在东部凹陷中段粗面岩成功发现了辽河盆地首个千万吨级储量规模的火山岩油藏——黄沙坨油田。先后部署探井 11 口,探明含油面积 7.4km^2 ,探明石油地质储量 $1640 \times 10^4\text{t}$ 。

在中央凸起南部倾没带,根据构造运动复杂、沉积环境复杂的特点,在充分消化三老资料的基础上,利用井间地震、储层反演、水淹层监测和识别等多项技术寻找小断块油气藏、隐蔽性油气藏、岩性油气藏。在小洼和海外河油田周边、深层、浅层的 14 个断块区开展地质研究工作,探明石油地质储量 $300 \times 10^4\text{t}$ 。

2.2 运用多学科技术逐步完成油藏精细描述工作

综合地质、三维地震、钻井、测井、生产动态和测试等多学科技术,在仅有的 72km^2 工业面积内开展油藏精细描述,共评价石油地质储量 $9084 \times 10^4\text{t}$,评价各类油藏 24 个,统计 15000 余个井层,完善静态数据库共 50 多万个数据,绘制各类图件曲线 1500 余幅,建立了测井曲线沉积微相识别、沉积相带图绘制、相控三维地质建模、油藏数值模型库、人工神经网络剩余油分布识别等方法和技术。基本形成了以相控地质建模和大规模油藏模拟为手段的多学科技术体系,实现了单层剩余油分布的定量描述、分层开发指标的量化及挖潜措施的优化,从而提高了措施挖潜的成功率。精度从小于 60% 提高到 80%,解决了表外储层剩余油无法解释的难题。

2.3 细分层系注水,使注水油田的采收率不断提高

针对海外河油田地质条件复杂、水驱动用程度低等的突出矛盾,公司在“十五”期间紧紧围绕提高采收率目标,按照“六分四清”的要求开展工作。重点在油田开发地质、油藏工程、动态监测、配套工艺和工程技术等 4 个方面,开展了 6 项基础性研究,引进了 14 种新技术,并进行了 6 项技术革新和工艺改造,使油田综合管理水平不断提高。

2.3.1 精细地质研究,不断深化油藏认识

通过精细地层对比、油藏工程研究、油藏动态监测与分析,全面加强了油田动静态基础研究工作。落实了区域内 18 条断层,十几个复杂断块的构造特征和油水关系;在不同层位发现 14 个有利的正向微高点;编制全油田 60 个主要小层沉积微相图;通过 GRE 油藏一体化软件系统,部分区块建立了三维可视化地质模型,油田逐步向数字化方向迈进。

2.3.2 合理有效注水,促进油田开发良性循环

首先,利用相关资料根据经验公式,结合油藏地质特点,研究制定了适合油田特点的宏观技术政策界限。其次,利用注采井网完善、细分重组、提液、找堵水、层系调整等多种手段不断优化注采结构。再次,应用深度调剖、周期注水、交联聚合物(LPS)调驱等地层深部液流转向及水动力学采油技术,进一步改善二次采油效果。“十五”期末油田注水井分注率达到 92.5%,水驱控制程度达到 73%,增加水驱储量 $1601 \times 10^4\text{t}$,油田日产量稳定在 1000t 以上。

2.3.3 建立完善的动态监测系统,为开发调整提供科学依据

2002 年专门成立测试队,配备了 4 台试井车,20 余套测试设备。目前油田形成了以压力监测、剖面监测、剩余油监测和流体性质监测为主要内容的动态监测系统,共完成监测工作量

17123 井次。完善的监测系统为油田综合调整提供了及时科学的依据。

“十五”期间通过开展以注水为中心的综合治理和调整,海外河油田开发效果得到了明显改善。油田以 1.5% 以上的采油速度高产稳产了 12a,大大超过方案预测;含水上升率由 5.6% 下降到 0.9%;自然递减率由“十五”初期 31.83% 逐渐下降到 14.72%;采收率由开发初期的 23% 上升到 27.3%,增加可采储量 $181 \times 10^4 \text{t}$ 。按照《中国石油天然气行业标准》,主力断块均达到一类油藏开发标准,2004 年被中油股份公司评为高效开发油田。

2.4 利用综合性技术进行停产井复产,优化注汽实现油田吞吐末期持续稳产

小洼油田已经处于吞吐开采末期,主力层系采出程度已达到标定采收率,油井平均吞吐 10 个轮次,地层压力已降到原始压力的 1/5,停产井占油田总井数的 60%,稳产难度非常大。“十五”以来,小洼油田以细化开发管理单元为基础,以优化注汽和停产井复产为主要手段,创造性地开展油田综合治理。主要做法是:

(1)将 3 套开发层系根据地质特征和采出状况的不同,细分为 17 个开发亚单元,在油层动用程度研究的基础上,深入分析各开发单元的矛盾和潜力,提出针对性的治理对策。在油水关系复杂的东二段主要采取井温、动液面、矿化度、固井质量、监控等方法综合分析出水原因,应用层系调整、单层开采、深调浅堵、螺杆泵冷采的方法控制水侵、水窜和水锥;在出砂、套变较重的东三段利用单采、单防的方法,结合地层原油粘度、动用状况、动态油价,采用大修、侧钻、压裂填防砂等技术逐步将单层有效注汽的厚度由 10m 降低到 4m,使大批的停产井得到恢复,使近 $300 \times 10^4 \text{t}$ 的储量得到动用。在沙三段北部针对油稠、油层物性差的特点,利用热时效理论,采用直井侧钻、水平侧钻、临界压力注汽、降粘解堵、热采一次管柱等技术使 $80 \times 10^4 \text{t}$ 储量得到动用。5a 来恢复停产井 190 井次,累计增油 $25 \times 10^4 \text{t}$ 。

(2)以剩余油研究为基础,在控制注汽总量的原则下,按照“增大有效井注汽,减少低效井注汽,杜绝无效井注汽”的思路,切实加强优化注汽工作,不断改善老井注汽吞吐效果,5a 来实施优选注汽、间歇注汽、集中注汽、分层注汽 1139 井次,使吞吐油汽比保持在 0.36 以上。

多种综合治理手段的成功实施,使小洼油田这个进入递减期的老油田已连续 5a 产油保持在 $20 \times 10^4 \text{t}$ 以上,连续 4a 实现综合不递减。与“十五”初期相比,日产油量由 2001 年 9 月最低谷时的 475t 上升至 699t。开井数由 180 口上升到 229 口,油井免修期从 225d 延长到 316d,综合递减由 25.85% 下降到 -12.73%,自然递减率由 55.76% 下降到 13.27%。

2.5 开展火山岩油藏注水试验,探索裂缝性油藏稳产途径

黄沙坨油田天然能量严重不足,在生产过程中压力下降快、含水上升快、产量下降快,油藏一次采收率较低。面对这种严峻形势,通过对全国 23 个火山岩油藏进行调研,积极开展双重孔隙介质油藏注水可行性研究。“十五”期间为避免不利因素发生,综合应用了地质、测井、开发试验、动态监测与预测、油藏数模等科学技术手段,结合生产动态开展 6 个井组注水试验。据统计,井组表现出产液量稳定,产油量递减减缓,压力逐渐恢复并且没有明显水窜的良好迹象。注水试验的深入开展,为探索火山岩油藏开发中后期稳产手段提供了有效途径。动用含油面积 2.8km^2 ,动用石油地质储量 $1043 \times 10^4 \text{t}$ 。5a 来,综合利用裂缝识别、成像测井、钻井取心、三开完井、综合录井、干扰测试、油藏工程等新技术、新方法,按照勘探开发一体化的原则,深入开展裂缝分布规律、压降规律、水淹规律、递减规律等综合地质研究,采取了油层压裂酸化改造、控制合理生产压差、加密调整、水平井开采、堵水、深抽、防偏磨等一系列综合调整措施,油田滚动开发取得了巨大成功。5a 里累计采油 $114.2 \times 10^4 \text{t}$,采油速度保持在 2% 以上,树立了 1 个当年投产、当年建产能、3a 收回投资的火山岩油田高速高效开发的典型,不仅对辽河油区

的上产稳产起到推动作用,而且对同类型火山岩油藏开发具有极强的指导意义。

2.6 积极开展开发试验,寻找新的产量增长点

针对小洼油田吞吐后期所面临的采出程度高、地层压力低、停产井多等诸多矛盾,为了寻找沙三段乃至整个小洼油田的接替产量,2003年在沙三段优选36-更030井组进行汽驱试验。在精心编制沙三段汽驱方案的基础上,汽驱规模逐步扩大为6个井组。在试验实施过程中通过加强汽驱动态监测资料的录取、随时作好动态分析、增部新井侧钻井完善井网和及时提液提高采注比等跟踪调整工作,蒸汽驱试验取得了较好效果。与汽驱前对比,试验区开井数由10口增加到43口,日产油水平由8t上升到105t,累计产油 4.23×10^4 t,阶段采收率3%。汽驱井组试验的成功不仅为小洼油田连续稳产奠定了坚实的基础,而且也为下一步小洼油田全面转换开发方式积累了宝贵的技术和经验。

在深入研究油藏剩余油分布规律的基础上,利用水平井优势,在块状底水稠油油藏、深层粗面岩裂缝性油藏及难动用的特稠油油藏,创新应用水平井、侧钻水平井技术挖掘锥间带及井间剩余油,揭开了二次开发的序幕。“十五”期间部署并投产水平井和侧钻水平井10口,投产初期日产油水平227t,累计产油 3×10^4 t,目前水平井的开井数占总开井数的1.3%,日产占总产量的4.7%。

3 “十一五”期间油田开发展望

3.1 指导思想

依靠科技创新和技术进步,创新勘探开发理念,深化地质研究,探索提高储量替换率和采收率的新途径,不断提高油田勘探开发水平。

3.2 工作目标

(1)新增石油地质储量 500×10^4 t;评价并动用难采储量 300×10^4 t;增加可采储量 200×10^4 t。

(2)利用3a时间完善海外河、黄沙坨油田注采系统并在黄沙坨油田形成直井注水、水平井采油的开采技术。

(3)利用3a时间在海外河油田推广改善二次采油效果技术并形成工业化规模。

(4)注水砂岩油藏自然递减率每年下降1%~1.5%，“十一五”末控制在10%以内;裂缝性火山岩油藏自然递减由50%控制到15%以内,热采稠油油藏综合递减控制到8%以内。

(5)通过砂岩油藏、裂缝性油藏、热采稠油油藏提高采收率技术增加可采储量 100×10^4 t。

3.3 勘探开发工作部署

3.3.1 加强滚动勘探工作力度,增加油田后备资源

“十一五”期间预计在海外河、小洼、黄沙坨油田周边筛选10个有利地区,开展勘探增储研究,预计实施探井10口,增加地质储量 500×10^4 t。

位于辽河凹陷东部的二界沟地区,西与欢喜岭三维相接,北到海3井-荣21井,东起荣兴屯逆断层,南到海南油田,163km²的规划面积内有80km²的空白区,横跨东部凹陷西部斜坡带、二界沟洼陷带、荣西断裂构造带,两侧分别为地质储量上千万吨的海外河油田和荣兴油田,预测远景资源量可达 2.257×10^8 t。“十一五”期间金马公司利用自有资金在二界沟地区进行三维地震精细采集工作。该项目计划2006年结束地震采集及资料处理工作,2007年在地质研究的基础上进行井位部署工作并开钻,利用3~5a时间形成规模产量。

随着兴隆台潜山深部的勘探获重大突破,海外河、小洼油田的潜山预计还各有近10km²的

区域有待进一步研究。下步利用三维地震、储层反演等综合技术研究潜山及上覆披覆构造有利圈闭,初步估算资源量 $800 \times 10^4 \text{t}$ 。

在老区周边还有一定的扩边增储潜力。在海外河油田海 18-44、海 601 等井区,在小洼油田注 27、注 68、注 26-024 等井区为下一步主要扩边挖潜区域,预计增加地质储量 $300 \times 10^4 \sim 400 \times 10^4 \text{t}$ 。

3.3.2 搞好未动用储量的评价,盘活资源存量

目前金马公司探明石油地质储量为 $9634 \times 10^4 \text{t}$,动用石油地质储量为 $8484 \times 10^4 \text{t}$,还有 $1150 \times 10^4 \text{t}$ 地质储量未被动用。主要集中在油层薄、油稠、出砂严重的注 82 井区,低渗透、裂缝不发育的小 24、小 12-6 井区。这几个区块将作为“十一五”期间的攻关区块,计划可动用石油地质储量 $300 \times 10^4 \text{t}$ 。

3.3.3 抓好水平井技术的应用和推广

随着水平井钻井、录井、测井、采油管理等各项技术的逐步成熟,在“十一五”期间金马公司的三个油田都将利用水平井的优势进行开采。水平井技术在金马公司的应用领域有:难采储量开发;稠油转换方式;油田提高采收率;挖掘井间剩余油;油藏边部、薄层挖潜。在充分考虑原油藏开发方式、井网井距、油藏水淹状况、油层动用状况及剩余油分布状况的前提下对水平井优化部署。预计“十一五”期间部署水平井 30 口。

3.3.4 不断深入开展以注水为中心的开发管理工作,巩固海外河油田的稳产基础

油田已经由成熟期过渡到衰减期,由于储层非均质性和水淹状况的不均匀性,注入水低效、无效循环的矛盾愈加突出,适用于注水开发成熟期的传统技术和措施正在向低效转化,因此,注水开发需要在六个方面实现转变,以适应油田开发形势的需要。

(1)规则井网向不规则井网转变。注采系统的调整应由原来相对规则、相对均匀分布的传统做法,转变到以位置相邻、非均质特点相近的流动单元或流动单元组合为研究对象和调整对象,按照其各自形成的油水运动规律,因势利导地调整和完善注采系统。对于复杂断块,本着先易后难、逐步完善的原则,在完善注采系统的基础上,及时搞好分注、不稳定注水及调配水等工作,确保注水效果。依据合理注采井数比结合现有经济技术要求的计算,海外河油田在现井网的基础上还需转注 30~50 口注水井,预计增加可采储量 $20 \times 10^4 \sim 30 \times 10^4 \text{t}$ 。

(2)整体加密部署向局部调整转变。通过局部调整,可有效改变地下渗流场,提高波及系数。依据精细油藏描述及剩余油分布研究成果,按现有工艺技术和原油价格,确定极限单井产油量,进行局部调整;利用常规调整井挖掘断层边角、砂体边部、构造或微构造高点的剩余油;应用侧钻井、水平井开采断层遮挡产生的滞留区剩余油;应用更新井、侧钻井进行井网维护,完善注采系统。预计“十一五”期间实施局部调整井、更新井、侧钻井 40~60 口,增加可采储量 $20 \times 10^4 \sim 30 \times 10^4 \text{t}$ 。

(3)由单一化措施向油藏整体措施转变。将油井调层、堵水、提液等挖潜手段与注水井组的深度调剖、动态调配水、周期注水结合起来,实现区块或井组的“注、堵、调”一体化,提高井组整体的增油能力和稳产效果,逐步改善单一的措施效果逐渐变差的被动局面。预计增加可采储量 $10 \times 10^4 \sim 20 \times 10^4 \text{t}$ 。

(4)由稳定注水向不稳定注水转变。国内外经验及海外河油田室内试验证明:不稳定注水是高含水期及特高含水期经济有效的开采方法,它可以充分发挥毛管力的作用,改变渗流场,扩大波及体积,可提高采收率 2%~3%。“十一五”期间,计划每年实施不稳定注水 30~50 个井组,预计增加可采储量 $8 \times 10^4 \sim 10 \times 10^4 \text{t}$ 。

(5)由注入水低、无效循环向改变渗流方向的高效注水转变。利用地下合成凝胶、深部可动凝胶、延迟交联凝胶进行油层深部调驱,通过调堵高渗透带,改变液流方向,扩大注入水波及体积。“十一五”期间,将在 20% ~ 30% 的储量中开展调驱,预计增加可采储量 $15 \times 10^4 \sim 20 \times 10^4 \text{t}$ 。

(6)由单纯增加注水波及体积向同时提高驱油效率转变。“2+3”提高采收率技术是一种在充分二次采油的基础上进行有限度的三次采油,既能扩大波及体积,也能提高洗油效率的提高原油采收率的新技术。现已完成大量的前期试验,岩心试验表明驱油效率可增加 12.8%,如果现场能够筛选出低成本的配方体系,采用撬装设备,降低地面建设成本,应用前景广阔。

在油田开发衰减期,通过实现以上 6 个方面的转变,努力提高注水效果,预计增加可采储量 $75 \times 10^4 \text{t}$ 。

3.3.5 以改善吞吐效果、恢复停产井为中心,提高小注油田开发水平

在细分开发管理单元的基础上,继续优选注汽井号,优化注汽参数,开展间歇吞吐、同注同采、分层配汽、高温暂堵、高温调剖等措施,发挥中低渗透层潜力,提高储量动用程度,改善高轮次吞吐效果。继续发挥近几年来小注油田长停井复产的技术优势和管理经验,利用侧钻、大修、防砂降粘等配套工艺技术恢复停产井,深挖剩余油潜力,确保小注油田产量稳定,提高油田开发水平。

3.3.6 全面转变开发方式和开采方式,保持黄沙坨油田规模产量的相对稳定

在油藏精细描述、剩余油分布研究的基础上,加强油藏压降规律、水淹规律、裂缝分布规律、产量递减规律的研究,进一步明确油田开发的问题和潜力。利用水平井控制水锥,采用周期注水使基质孔隙和缝洞系统之间建立起压差,有效降低水油比,提高注水波及效率,利用水平井采油、直井低部位注水的开采方式预测可提高采收率 7.1%。此外加强高温堵水技术、油层改造技术的攻关,减缓油田含水上升速度,切实改善油田的开发效果。

3.4 主要技术对策及保障措施

3.4.1 开展六方面应用基础研究

根据油田开发特点,在辽河油田公司、科研院校的支持下,加强油田开发地质、油层物理化学和渗流力学、物理模拟和油藏数值模拟、新型驱油剂研制、油藏工程、钻采与地面工程等六个方面的应用基础研究,为老油区挖潜、新区高效开发提供油藏地质基础,为核心技术开发提供理论基础和科学依据。

(1)油田开发地质。要在地质、地震、测井、油藏工程多种资料基础上,应用储层地质学、层序地层学、测井地质学及地质露头研究方法,建立精细到流动单元的数字化三维地质模型,应用生产动态资料和开发调整中的新认识修正模型,反映储层的动态变化,以正确预测剩余油分布。针对特殊岩性,深化研究火山粗面岩油藏描述的方法和技术。

(2)油层物理及渗流力学。通过油层微观物理模拟、测试技术以及渗流力学等多种手段的综合运用,加深研究注水油藏“双高”期、热采油藏汽驱阶段的油层物性参数、流体性质的变化规律、剩余油状态、驱油机理等基本问题。深入研究非线性渗流及非牛顿流体渗流规律,为正确预测水驱、蒸汽驱稠油油藏开发动态提供方法和技术以及孔隙-裂缝型双重孔隙介质渗流机理研究。

(3)数值模拟。进行高含水油田精细油藏数值模拟研究、特殊情况和不同开采方式数值模拟研究、完善和发展化学驱、混相驱等数值模拟技术、完善直井注水,水平井采油的数值模拟技术。

(4)低成本新型驱油剂的研制。适应海外河油藏条件的各类成本较低的新型驱油化学剂、

泡沫、萃取剂以及凝胶体系等的研制开发。

(5)油藏工程。①油藏动态分析决策技术。开展不同类型油藏、不同开发阶段产量递减规律、合理储采比(采油速度)、含水上升规律、阶段及最终采收率等技术经济指标研究,形成不同模式指导油田开发生产。②黄沙坨裂缝性油藏整体压裂开发、水平井、复杂结构井等复杂条件下井网优化方法。③高亏空条件下开采规律、注水方式、深层薄层合理注汽参数、合理注水参数、动态分析和注水评价方法研究。④油藏综合性测试方法研究。重点研究剩余油饱和度监测技术、多油层找水技术和多级分层注水测试技术。

(6)钻采与地面工程。加强水平井防漏、防塌,油层保护及高效改造,套损及出砂治理,高效举升,小井眼分注等钻采工艺技术研究;加强地面系统优化,合理进行高效油田建设设计,利用和改进现有设备,使集输系统更安全、环保、节能,降低油田开采成本。

3.4.2 利用综合手段,不断提高注水油藏水驱波及系数

在海外河油田,平面上以油砂体或油砂体组合为单元不断调整和完善注采系统,增加注水井点,每年转注8~10口井;纵向上根据油井及油藏动态变化,不断进行细分重组,积极寻找和推广应用先进的多级分注技术,切实解决因油稠、出砂导致分注困难的问题,计划每年实施分注20~25口,努力将分注级别提高1~1.5层/口;继续规模实施深度调剖技术,每年实施15~20口井,进行区块整体调堵,改善注水油藏的3大矛盾;规模实施不稳定注水。不断提高水驱采收率。

在黄沙坨油田,根据油藏动态变化加快转注工作,适当提高注采比以恢复地层压力,利用周期注水的方法,不断提高水驱采收率。

3.4.3 开展7项试验

(1)积极开展深部液流转向试验,利用地下合成凝胶、深部可动凝胶、延迟交联凝胶等方法继续扩大注水波及体积。

(2)开展适合海外河、小洼东二段薄层状油藏水平井挖潜试验。

(3)开展小洼油田沙三段油层利用水平井解决蒸汽驱超覆试验。

(4)在小洼油田边部、难动用储量地区开展水平井挖潜试验。

(5)开展小洼油田东三段一注多采可行性研究及先导试验。

(6)在复杂断块、原油粘度大、不能形成注采井网的区域开展CO₂吞吐、蒸汽吞吐试验。

(7)继续开展提高驱油效率试验,探索适合海外河油田的可动凝胶+活性水驱的“2+3”采油及三次采油技术。

3.4.4 建立健全动态监测系统

完善各类井筒、井间剩余油分布监测技术,重点做好压力监测、吸水、吸汽(产液)剖面监测、剩余油饱和度监测、井间化学示踪剂监测、井下技术状况监测。

3.4.5 加强勘探开发工作综合性管理

通过交流、授课、传帮带等多种方式,加强各级管理人员、科技人员、操作人员的教育和培训,逐步建立项目组奖惩机制,加强地质、工程和操作人员的联系,使各部门成员形成一支配合默契的团队,促进勘探开发工作上水平。

4 结 论

(1)“十五”期间,通过加强滚动勘探综合研究,发现并成功开发了黄沙坨油田;按照“六分四清”的要求开展注水工作,使海外河油田采收率不断提高;以停产井复产、优化注汽和蒸汽驱