



中国石化 油气开采技术论坛 论文集 (2009)

中国石化油气开采技术论坛秘书处 编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

中国石化油气开采技术 论坛论文集 (2009)

中国石化油气开采技术论坛秘书处 编

中国石化出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国石化油气开采技术论坛论文集. 2009/中国石化
油气开采技术论坛秘书处编. —北京:中国石化出版社,
2009

ISBN 978 - 7 - 80229 - 958 - 0

I. 中… II. 中… III. ①石油开采 - 技术 - 文集②天然
气开采 - 技术 - 文集 IV. TE355 - 53 TE375 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 088799 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何
形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 16 开本 27.25 印张 693 千字

2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷

定价:96.00 元

编 委 会

主 任：王志刚

副主任：何生厚 张永刚 沈 琛

成 员：胡风涛 曾庆坤 李军营 彭元东

王步娥 薄启炜 黄春燕 姚奕明

前 言

为总结、交流近几年难动用储量开采领域的技术成果，提高难动用储量开采技术水平，2009年4月16日至4月17日在河南郑州召开了中石化油气开采技术论坛(以下简称论坛)第五次会议。会议由科技开发部和油田勘探开发事业部主办，河南油田分公司石油工程技术研究院承办。张永刚、沈琛及王敏同志分别主持了会议，何生厚同志参加会议并作了总结发言。岳慧等21位生产科研一线的技术人员在会上介绍了最新技术成果，张士诚等4位教授作了专题报告。来自中石化各油田、研究院及总部有关部门160余人参加了会议。会议期间，论坛召开了指导委员会和学术委员会会议，确定了论坛第六次会议主题和承办单位，并根据工作需要调整了论坛学术委员会的组成。

一、会议交流了近几年难动用储量开采领域的主要技术成果

“十一五”以来，中石化新增探明储量主要集中在滩海、稠油、深层、低渗~特低渗油气藏和缝洞型油藏。这几类油气藏的采收率一般比较低，油田开发的难度、成本和风险都比较大，对配套的开发技术要求也更高。目前难动用储量开发日益成为油田开发的主阵地，关乎油田企业持续发展大计。难动用储量开发开采技术不断突破、完善，开发水平不断提高。

1. 难动用稠油油藏开发取得重大突破

超稠油攻关配套了亚临界压力蒸汽发生器和超临界压力蒸汽发生器，开发了新型高效稠油降黏体系、耐高温高效泡沫封堵调剖体系、高温防膨体系，研究形成了HDCS强化采油技术、热化学增效、催化降黏技术、稠油防砂配套技术与工艺。稠油水平井等复杂结构井综合技术包括完井、改造举升等配套技术。在水平井上探索了360°全相位深穿透射孔+挤压充填先期防砂完井工艺。在薄层及特薄层稠油开采配套技术上利用“化学辅助方法+水平井或水平分支井”技术，提高薄层单井产量。极浅层稠油藏的开发也有新的突破。

2. 难动用低渗、特低渗油藏开发取得重要进展

一是探索优化油藏开发方案。由单一井型向组合井型方向发展，直井和水平井组合开发方式，开展了小井距注水开发试验。

二是注水技术系列不断完善配套。主要包括细分层注水工艺技术、超高压分层注水技术、斜井分注工艺技术、注水井测试、验封工艺技术、精细过滤技术等，保障了有效注水。

三是低渗透储层压裂改造技术。从压裂设计、压裂液体系、压裂工艺等形成了配套技术，成为增产主导工艺技术。其中，水平井分段压裂、大规模压裂、

采用 VES 压裂液、清洁压裂液等低伤害压裂液体系的低伤害压裂成为低渗、特低渗油藏关键开发技术。

3. 高含水老油田难动用储量改善效果配套技术日益完善

在精细描述储层、本层和剩余油分布的基础上,开展了细分开采和挖潜工艺攻关工作,形成了注、采及储层改造创新性的工艺技术。研究了老油田转向重复压裂技术和薄层压裂技术、井下油水分离技术、可编程控制井下开关器与封隔器组配成智能分层采油管柱,形成了井况监测、修复、侧钻更新系列配套技术,开展了长停井修复专项治理活动,推广了膨胀管修复技术等。

4. 碳酸盐岩缝洞型油藏和盐间泥质白云岩岩性油藏储量动用基本形成了配套技术,取得了基本认识

形成了缝洞型油藏开采技术系列,包括以加密井和侧钻井提高平面储量控制程度;以酸压措施提升缝洞的沟通能力,以深抽提高缝洞储集体采收率,以稠油降黏改善举升效果。并且开展了小规模单元注水试验。针对盐间泥质白云岩岩性油藏攻关研究了盐间非砂岩完井方式、挤水采油和挤水酸化试验,采取“先期注淡水、周期性注饱和盐水、温和开采、改变液流方向提高采收率”的开采方式。

5. 水平井等复杂结构井配套技术研究不断深入,应用规模不断扩大

钻完井方面:水平井钻井轨迹测控技术实现了从直螺杆动力钻具到单弯螺杆动力钻具,有线随钻测量到无线随钻测量,几何导向到地质导向;优选形成了适合不同油藏类型的水平井油气层保护技术系列。研究了多种适应不同油藏的完井技术:热采水平井裸眼完井、防砂一体化技术、水平井定向射孔避边水技术、全相位射孔+管外充填技术,变密度射孔技术,解除了近井地带污染,提高了水平井完善程度。

储层改造方面:开展了水平井压裂改造技术研究,形成了水平井射孔优化设计方法、限流压裂及分段压裂,研制了水平井分段压裂管柱及配套工具,配套了适合水平井压裂的低伤害工作液体系。研制了化学转向酸化工艺和分段酸化工艺及低伤害酸液体系,实现了三段酸化和转向均匀酸化。

采油方面:针对超深井举升的工艺要求,研制形成了电泵与有杆泵相结合的超深井接力举升采油工艺技术。研制出能够下入 60° 以内斜井段的抽油泵和注采一体化生产管柱、水平井系列防落物管柱,基本满足了低压油藏的生产需要。

6. 难采气藏储量逐步形成以压裂、酸化为主的增产技术

研制成功低稠化剂低伤害压裂液体系和压裂液多级分段破胶技术,完善配套了“线性加砂、纤维加砂、液氮助排和优化返排程序”施工工艺。针对低渗、特低渗气藏压裂规模不断加大,加砂从十几立方米增加到百立方米以上。

二、会议提出了改善难动用储量开采技术工作对策

会议分析了提高难动用储量动用程度和改善开发效果,实现难采储量经济

高效开采过程中存在的主要问题。主要包括：一是地质条件复杂，难以准确刻画储层，储量落实程度低；二是已投入开发的难采储量，投入大、成本高；三是基本无稳产期，产量递减幅度大；四是地面集输建设对成本影响较大。为此，针对下一步如何高效开发难采储量，会议希望难动用储量开采科技攻关还需要进一步系统化、深入化。

1. 加大油藏前期评价和前期研究力度

加大对区块油藏评价工作力度，对储层性质和流体性质深化认识。

2. 加快工艺技术研究，突破瓶颈制约，形成集成优化的开采技术

一是针对稠油做好“热能管理”，深化基础研究，搞清蒸汽运移规律和温度场分布状况，研究充分利用热能的注采规律。在工艺技术方面，要研究同层位多口井组开发单元同注、同采，调剖注汽等工艺措施。对具有较大厚度的特、超稠油油藏开展 SAGD 技术研究。对热采水平井开展两相流流量、干度测试方法及水平井吸汽剖面解释技术研究。对中深稠油油藏热采开展超临界(35MPa)蒸汽发生器、注入配套工艺技术，水外相的乳化开发技术；微加热技术；地下改性降黏等技术研究。

二是进一步提高低渗储量储层改造水平。目前主要需要完善水平井压裂改造工艺，高温深井分注工艺配套，水质处理技术降本优化、纳米降压增注、井筒内增压、增注等技术试验研究。包括不动管柱机械分段压裂研究，水平井压裂造缝与射孔方向、孔密的规律研究，可控压裂技术研究，连续油管在多层低渗油气藏酸压改造工艺中的应用研究。以及锚定补偿、高温高压密封材料和高温高压测调工艺，从而形成一套适应于 4500m 深井的分层注水管柱及其配套技术。

三是加快攻关塔河油田缝洞型油藏为代表的三项关键技术。开展超深、高破裂压力碳酸盐岩油藏酸压技术，特稠油高效降黏技术，提升超深井侧钻综合能力。

3. 在股份公司和分公司层面上要加强管理与支持

会议认为主要需要做细做好四个方面的工作：

(1) 合理配置有限的研发技术资源，发挥集团优势，推动技术进步，重视立项论证工作，分清原创性研究、集成性创新和引进消化再创新项目；

(2) 重视难采储量开发示范项目的培育，引导高效储量开发；

(3) 加强石油装备、工程技术创新，降低开发成本，改善开发效果，提升开发效益；

(4) 树立“广义采油工程”理念。将工程技术向前延伸与油藏相结合，加强与地面、钻井、测井等专业的结合，发挥更广泛的技术集成优势。

会议希望油气田开发战线的广大技术人员，特别是青年科技人员，充分利用论坛这一平台，积极参与，展示才华，充分交流和推广油气开采技术成果，为实现“东部硬稳定，西部快上产，天然气大发展”作出新的更大的贡献！

《全国统计专业技术资格考试辅导系列》

编 委 会

主编：金圣才

编委：杨丰敏	秦 燕	肖 娟	李大海
苏法河	程官剑	娄旭海	张党志
余规划	孙同幅	张飞平	肖晓经
赵中云	李 晓	刘良娟	李静红
赵风经	李月慧	何艳丽	彭天锋
王国格	李用程	赵 鞠	吴玉后

特别说明：与本书相关的网络课程的详细介绍参见本书书后内页！

圣才学习网名校名师

赵 彬	清华大学副教授、博士生导师、博士、博士后	周永强	首都经贸大学副教授、博士，获美国 PMP 认证
王志诚	北京大学副教授、博士、博士后	彭一江	北京工业大学副教授、硕士生导师、监理工程师
林新奇	中国人民大学教授、全国企业人力资源管理师 国家职业资格专家委员会委员	陶友松	武汉大学教授、建筑学家、国家一级注册建筑师
杨 栋	中国人民大学讲师、博士、注册金融分析师	刘 幸	武汉大学教授、博士生导师、博士
肖羽堂	南开大学教授、博士生导师、博士	叶燕青	武汉大学教授、主任医师、科主任
王亚柯	对外经济贸易大学副教授、博士	田翠姣	湖北省内科护理专业委员会副主任委员
杨万荣	北京理工大学副教授、留法理学博士	吴小燕	武汉大学教授、医学博士，中国医师协会肾脏 病分会委员
聂利君	中央财经大学副教授、硕士生导师、博士	熊福生	中南财经政法大学教授、硕士生导师
黄 锐	中央民族大学副教授、博士	熊 卫	中南财经政法大学副教授、博士后，湖北省职 业技能鉴定指导中心注册高级考评员
童行伟	北京师范大学副教授、留美博士后	陈金洪	华中科技大学副教授、高级工程师
田 宝	首都师范大学副教授、博士、博士后		更多名师介绍请登陆： www.100xuexi.com
朱振荣	北京工商大学副教授、硕士生导师、博士		

圣才学习网网络课程

☐ 中华英语学习网 www.100yingyu.com · 大学英语四级、六级网络课程 · 英语专业四级、八级网络课程 · 考博英语网络课程 · 成人英语三级网络课程 · 全国大学生英语竞赛网络课程	☐ 中华统计学习网 www.1000tj.com · 统计从业人员资格考试网络课程 · 全国统计专业技术资格考试网络课程	☐ 中华 IT 学习网 www.100itxx.com · 计算机考研网络课程 · 全国计算机等级考试网络课程
☐ 中华证券学习网 www.1000zq.com · 证券业从业人员资格考试网络课程 · 期货从业人员资格考试网络课程 · 保荐代表人胜任能力考试网络课程 · 基金销售人员从业考试网络课程 · 证券经纪人专项考试网络课程	☐ 中华外贸学习网 www.100waimao.com · 报关员网络课程 · 报检员网络课程 · 外销员网络课程 · 外贸跟单员网络课程 · 国际商务单证员网络课程	☐ 中华医学学习网 www.100yixue.com · 执业医师网络课程 · 执业药师网络课程 · 助理医师网络课程 · 卫生专业资格考试网络课程 · 医学考研网络课程 · 同等学力医学考试网络课程
☐ 中华金融学习网 www.100jrx.com · 中国银行业从业人员考试网络课程 · 金融英语证书考试 (FECT) 网络课程 · CFA 考试网络课程	☐ 中华管理学习网 www.100guanli.com · 企业人力资源管理师网络课程 · 营销师网络课程 · 质量专业人员资格考试网络课程 · 同等学力工商管理网络课程 · 中物联认证 (物流师) 网络课程	☐ 中华法律学习网 www.1000fl.com · 司法考试网络课程 · 企业法律顾问考试网络课程 · 法律硕士考试网络课程 · 同等学力法学考试网络课程
☐ 中华保险学习网 www.1000bx.com · 保险代理人网络课程 · 保险公估人网络课程 · 保险经纪人网络课程	☐ 中华教育学习网 www.1000jy.com · 教师资格考试网络课程 · 教育学考研网络课程 · 教育硕士网络课程 · 同等学力教育学考试网络课程	☐ 国家职业资格考试网 www.100zyzg.com · 全国出版资格考试网络课程 · 出版物发行员资格考试网络课程 · 全国广播电视编辑记者播音员主持 人资格考试网络课程 · 国家秘书资格考试网络课程 · 导游资格考试网络课程 · 社会工作者网络课程 · 营养师网络课程
☐ 中华精算师考试网 www.1000jss.com · 中国精算师网络课程 · 北美精算师 (ASA/FSA) 网络课程	☐ 中华心理学习网 www.100xinli.com · 心理咨询师网络课程 · 心理学考研网络课程 · 同等学力心理学考试网络课程	☐ 其他网站网络课程 中华自考网 www.1000zk.com 中华成考网 www.100chengkao.com 中国公务员考试网 www.100gwy.com 中小学学习网 www.100zxx.com 中华竞赛网 www.100jingsai.com
☐ 中华财会学习网 www.1000ck.com · 注册会计师 (CPA) 网络课程 · 会计职称 (会计师) 考试网络课程 · 会计从业资格考试网络课程 · 注册税务师 (CTA) 网络课程 · 注册资产评估师 (CPV) 网络课程 · 全国审计专业技术考试网络课程	☐ 中华工程资格考试网 www.100gczg.com · 建筑师网络课程 · 建造师网络课程 · 结构工程师网络课程 · 土木工程师网络课程 · 监理师网络课程	圣才学习网网络课程不断添加、更新中， 更多网络课程请登陆 www.100xuexi.com

电话：010 - 82082161 邮箱：1314jsc@163.com QQ：564948255

地址：北京海淀区中国人民大学文化大厦 10 层

金圣才文化发展 (北京) 有限公司

目 录

河南油田难动用储量开采配套技术及下步发展方向	魏淋生	姚奕明等(1)
胜利油田难动用储量开采配套技术	王民轩	盖平原等(10)
加强配套工艺技术攻关与应用提高塔河缝洞型油藏储量 动用程度	林 涛	谢红星等(17)
中原油田难动用储量开采配套技术	吴信荣	(22)
强化工艺技术研究不断改善难采储量开采效果	杨志涛	王朝晖等(38)
江苏油田难动用储量开采配套工艺技术	景步宏	徐苏欣等(49)
华北分公司难动用储量开发关键技术	邢景宝	靳宝军等(59)
川西难动用储量有效动用关键技术研究及应用	王世泽	任 山等(69)
特超稠油 HDCS 强化采油技术	张继国	李安夏等(76)
胜利油田薄层稠油开采技术	孙克己	曲 丽等(85)
浅层稠油水平井开采配套技术	冯冲	张庆良等(93)
H17 块低渗特低渗储层系统保护技术研究与应用	徐卫华	薛 芸等(100)
低渗透油气藏钻井完井技术现状与应用	唐志军	耿迎春等(107)
江汉油田薄互层掺水解盐采油管柱技术	姜建平	王 炯等(114)
腰英台油田精细水处理工艺技术及应	郭庆安	孙秀武等(120)
桩 74 块特低渗透油藏注水开发技术	谢桂学	于法珍等(127)
十屋油田压裂工艺技术研究	刘立宏	王友付(133)
新场气田 JS ₂ 、JS ₃ 气藏难动用储量压裂改造技术研究与应用	唐祖兵	张绍彬等(141)
中原油田低渗油藏薄差层压裂技术	王安培	刘迎香等(147)
隔热套管完井及注采工艺	范喜群	岳 慧等(153)
低渗透油气藏低伤害压裂技术	王益维	苏建政(157)
低孔低渗油气层复合压裂改造技术	孙良田	庄照峰等(163)
大斜度井射孔 - 测试联作技术的研究与应用	洪新安	梁庚白等(170)
油井不停抽分层测压技术研究	朱 辉	郭旭光等(175)
泌阳凹陷梨树凹区块双重介质低渗储层压裂技术研究与应用	冯彩琴	陶良军等(181)
南部陡坡带 304 井区整体压裂技术研究	李学义	王孟江等(186)
偏心抽稠泵的研制与应用	侯双亮	乔荣娜等(190)
稠油浅井套管钻井技术研究	魏春禹	张 宇等(193)
CY - 1 非渗透钻井液在泌 304 区块水平井中的应用	邱建君	刘 霞等(198)
河南油田超稠油复合催化降黏机理初探	程红晓	赵长喜等(203)
水平井管外压裂充填完井技术在低渗透油藏中的研究应用	刘延坡	石步乾等(210)
低产能油井改造工艺技术研究及应用	韩茂全	(216)
河南油田超稠油开采工艺技术配套研究	杨玉贞	白新潮等(221)

薄层油藏挤压充填解堵增渗技术应用研究	罗全民 余 兰等(228)
胜利油田水平井分段压裂技术及实践	杨同玉 刘红磊等(233)
塔河油田超深侧钻短半径水平井钻井技术	罗发强 周 伟(240)
塔河外围超深碳酸盐岩油藏深度酸压改造技术研究与应用	耿宇迪 张 焯等(246)
塔河稠油油藏动态监测及掺稀优化技术	王勤聪 刘青山等(251)
塔河油田4区奥陶系油藏多井缝洞单元注水提高采收率研究	刘学利 吴 涛等(259)
坪北特低渗透油藏堵塞机理及复合解堵技术研究	唐 芳 廖如刚等(264)
江汉盐湖盆地盐间泥质白云岩油藏开发探索与实践	彭美霞 陈 素等(273)
超高压注水工艺管柱技术探讨	吴圣发 薛家海等(278)
异常渗流油藏开发中油水两相渗流特征研究	胡雪滨(283)
坪北油田特低渗透油藏强化注水提高开发效果	陈秀兰 叶青竹等(287)
分层启动压力资料在中原油田开发中的应用	黄 华 李宏魁等(294)
凝析气藏排液采气配套技术	李泉美 沈治凯等(305)
水平井转向酸化工工艺在文留油田的成功应用	石明杰 陈宗林等(309)
卫城油田难动用储量开发配套工艺研究应用	吝拥军 吕清河等(313)
古云集沙一中薄油层油藏水平井开发技术	王 军 张东荣等(317)
深部开窗侧钻井元坝1-侧1井固井技术	陈道元 姚平均等(321)
石港油田难采储量开采工艺技术研究与应用	唐海军 何竹梅等(326)
镇泾长8特低渗透油藏改造技术难点及对策	曹 珍 王迁伟等(333)
大牛地致密气层水平井试验	邓红琳 袁立鹤(339)
水平井压裂技术在大牛地气田的试验应用	秦玉英 陈付虎等(345)
川西气田井下节流工艺设计与推广应用研究	周兴付 张仕强等(352)
川西须二气井油管腐蚀因素及防治技术研究	王雨生 郑 凤等(358)
适合川西难动用储量开发的钻井配套技术	刘 伟 肖国益等(366)
川西低渗气藏抑制水锁伤害现场试验研究	徐晓峰 周兴付等(371)
苏北薄层疏松砂岩稠油油藏开发技术对策	吴志良 张 勇等(377)
苏北复杂断块油田剩余油研究及侧钻井挖潜技术	蔡楠松 焦里力等(384)
腰英台裂缝性储层压裂技术研究与应用	姚洪生 卢建明等(390)
宝中低孔低渗高含油凝析气藏开采工艺的与实践与认识	李生莉 邱勇等(396)
多油层分层参数测试技术研究	陈必威 田泽芬等(400)
注汽井井口蒸汽计量技术研究与应用	魏红燕 郭旭光等(407)
非均质油藏多层段降压开采工艺技术研究	张宏录 马宏伟等(411)
丛式井的优快钻井技术	罗玉金(417)
稠油热采防砂井堵窜剂技术研究	王晓东 路群祥等(423)

河南油田难动用储量开采配套技术及下步发展方向

魏淋生 姚奕明 陶良军

(中石化河南油田分公司石油工程技术研究院)

摘要:“十一五”以来河南油田动用储量主要为稠油、低渗透和复杂断块储量。针对难动用储量主要油藏类型特点,在钻井工艺、完井工艺、人工举升、增产增注方面进行了系列研究配套,加大了现场先导试验规模,超稠油、低渗透油藏开发相继取得突破,实现了难采储量的有效动用。难动作储量开发目前已成为河南油田稳产的重要阵地,形成的系列开采配套技术也为河南油田 180 万吨原油产量的硬稳定提供了技术保障。

主题词:稠油 低渗透 断块油气藏 钻井 完井 举升 增产增注

一、概述

河南油田截止到 2008 年底已在南阳、泌阳凹陷和焉耆盆地探明了 15 个油田,探明地质储量 $28510.3 \times 10^4 \text{t}$ 。投入开发 14 个油田,动用地质储量 $28510.3 \times 10^4 \text{t}$,共有油井 3479 口,开井 2823 口,平均单井日产液 23.1t,平均单井日产油 1.9t。稀油老油田平均采收率达 44.03%,其中主力双河油田采收率达 44.66%,平均动液面 1250.1m,泵挂深度 1469.9m,沉没度 219.8m;稠油平均动液面 275.1m,泵挂深度 382.3m,沉没度 107.2m,油气单位完全成本 2170 元/吨(45.6 美元/桶)。

“十一五”以来动用储量 $2120.5 \times 10^4 \text{t}$,全部为稠油、低渗透和复杂断块储量。其中稠油储量 $1164 \times 10^4 \text{t}$,低渗透储量 $633 \times 10^4 \text{t}$,复杂断块储量 $323.5 \times 10^4 \text{t}$ 。

1. 难动用储量主要油藏特征

(1) 稠油油藏

稠油油藏具有“浅、薄、稠、散、小”特点。“浅”:油藏埋藏浅,小于 600m 占 85% 以上;“薄”:油层厚度薄,96% 的油层单层厚度小于 10m,78% 油层单层厚度小于 5m;“稠”:原油黏度高,主力热采单元原油黏度 $10000 \sim 100000 \text{mPa} \cdot \text{s}$ 。

(2) 复杂断块油藏

复杂断块油藏断层发育,油藏构造面积小、单层厚度薄,单层储量少,层数多,叠合程度差。魏岗油田有 60 余条断层;王集东区 17 条断层切割成 18 个断块,断块面积一般在 1km^2 以下;张店油田纵向上顺断层呈“屋脊状”分布,平面上沿鼻状构造高部位呈“叠瓦状”排列,单油砂体含油面积一般在 $0.2 \sim 0.3 \text{km}^2$ 。

(3) 低渗透油藏

河南低渗透油田主要有宝浪油田、安棚深层系、南部陡坡带泌 304 井区、张店油田等,

储层渗透率 $(1 \sim 20) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 孔隙度 6% ~ 12%, 天然裂缝发育, 自然产能低或基本无自然产能。

2. 难动用储量开采技术思路

河南油田难动用储量主要为稠油、低渗透和复杂断块储量, 根据其主要油藏特征, 制定了难动用储量开采技术思路。

① 开采工艺紧紧围绕提高单井产量这个中心环节。

开发难动用储量要实现经济有效, 最根本的就是尽量提高单井产量。只有提高单井产量, 才能减少钻井数, 降低产能建设投资。因此, 一切采油工艺技术、管理工作都要紧紧围绕提高单井产量这个中心环节。

② 探索并形成难动用储量采油方式, 研究应用经济实用成熟有效的工艺技术, 努力降低成本, 增加利润空间。

③ 投产后尽可能简化、减少井下作业, 努力降低操作成本。

二、难动用储量开采技术新进展

“十一五”以来, 针对新增稠油油藏、复杂断块油藏、低渗透油藏等难动用储量主要油藏类型特点, 在钻井工艺、完井工艺、人工举升、增产增注方面进行了系列研究配套, 实现了难采储量的有效动用, 为河南油田 180 万吨原油产量的硬稳定提供了技术保障。

(一) 钻井工艺

为有效动用受地面因素影响的难动用储量, 缩短建井周期, 降低钻井过程中钻井液对水敏性储层的伤害, 研究配套了浅井稠油水平井钻井技术、稠油浅井套管钻井技术、泌阳凹陷超高温深井钻井技术、水敏储层钻井液技术。

1. 浅井稠油水平井钻井技术

针对井楼一二区受地表条件影响, 河流、村庄下的油层必须依靠大位移井才能控制, 但由于井浅, 只有采用特浅大位移水平井技术地质储量才能得到有效动用。井楼油田水平井均采用表层、油层两层套管完井, 不下技术套管, 其难点是垂深浅地层成岩性差, 钻柱加压困难, 水平位移长, 造斜率高, 控制段短, 钻井施工难度大, 风险多, 中靶精度高。

针对以上难点, 优化了浅层稠油水平井的剖面设计、轨迹控制、剖面的造斜点和造斜率 and 钻具组合, 以便更科学地满足现场需要。其主要技术内容包括特浅稠油大位移水平井设计技术、特浅疏松地层大井眼造斜及陀螺定向技术、大位移水平段 MWD 轨迹控制技术、三维防碰绕障扫描、套管井口重力加压装置、聚合物混油防塌钻井液技术、热采井固井技术。

2007 ~ 2008 年采用该技术新钻水平井 23 口, 已投产 16 口井, 累计产油 23387t, 实现“两个第一”。即浅层(168.7m)钻井在中石化达到第一水平, 水垂比(2.4/1)在国内达到第一水平。

2. 稠油浅井套管钻井技术

针对稠油胶结比较疏松, 常规钻井起下钻换钻头井壁井眼易坍塌, 油层污染比较严重, 将钻进下套管合并成一个作业过程, 较少起下作业, 降低对油层污染堵塞, 降低钻井成本。

其关键技术为不可换钻头套管钻井工艺、可换钻头套管钻井工艺、低摩阻防塌钻井液技术、套管钻井固井工艺技术、套管钻井固井工艺技术。

套管钻井技术 2007 年 11 月 ~ 2008 年 8 月进行了 8 口井现场试验, 其中可回收式工具串

施工了3口井,应用后有效预防了河南油田稠油区块疏松地层的井壁垮塌,施工成功率、固井质量一次合格率100%;建井周期由原来的7~8天缩短到现在的4~5天,降低钻井成本8.8%~10.9%;大大降低了泥浆对油层的污染程度;钻井液密度可以由原来的 $1.20 \sim 1.25 \text{ g/cm}^3$ 降至 $1.06 \sim 1.08 \text{ g/cm}^3$ 。

3. 泌阳凹陷超高温深井钻井技术

泌深1井预计井温达到 245°C ,高温对钻井液流变性、滤失造壁性、性能稳定性影响显著,常规钻井液抗温能力面临严峻挑战。为此研究了超高温水基钻井液体系,在 236°C 高温下钻井液性能稳定72h,属国内最高;耐高温水泥浆体系在高温下(循环温度 190°C ,静止温度 245°C),24h强度抗压强度17MPa,综合性能良好。

2008年5月5日泌深1井四开,进入高温、超高温井段。9月7日完井,完钻井深达到6005m,超高温聚磺钻井液在高达 241.6°C 的井底温度下性能良好,达到国内最高耐温水平。

4. 水敏储层钻完井液技术

(1) 水敏储层钻完井液技术

针对张店复杂断块油田油层压力低,亏空严重,钻井液易进入油层;岩石黏土矿物中伊利石/蒙脱石间层含量高达42%,水敏性强,滤液伤害大的问题,研究开发了水敏储层钻完井液技术。其关键技术主要为地层水钻完井液和非渗透钻完井液。地层水钻完井液与储层配伍性好,对地层伤害小,不怕浸入油层;非渗透钻完井液漏失量小,不让浸入油层。

该技术在张店油田应用后采油井采油强度由以往的 $0.49 \text{ t/d} \cdot \text{m}$ 上升到 $0.72 \text{ t/d} \cdot \text{m}$,注水井吸水指数由 $2.35 \text{ t/d} \cdot \text{m} \cdot \text{MPa}$ 上升到 $3.74 \text{ t/d} \cdot \text{m} \cdot \text{MPa}$,增产增注效果明显。

(2) 水平井保护油层钻井液技术

河南油田水平井主要分布在井楼、下二门稠油油藏,南部陡坡带泌304区低渗透油藏。油层埋藏浅,岩性较疏松,泥质胶结。易出现井塌、卡钻和渗透性漏失,为此研究配套了防塌钻井液体系。

该钻井液体系岩心渗透率恢复值88%~92%,滤失量4~4.5mL。在下二门、井楼、泌304区块现场应用8口井,实钻全井无阻卡、无坍塌等井下复杂事故,油层保护效果好。其中楼平1井、楼平2井实施后平均日产量26t,与非保护邻井(直井)相比平均提高5.9t。安平1井、安平2井水平段摩阻由过去的15t以上降到7t,与邻井安4001(直井)井相比,平均日产量提高9t,取得了良好的效益。

(二) 完井工艺

针对超稠油油藏原油黏度大,地层胶结疏松,油井出砂严重,生产周期短的难题,为有效动用超稠油难采储量,研究配套了隔热套管完井浅层特超稠油水平井完井超稠油水平裂缝压裂防砂一体化完井超稠油大套管完井技术。

1. 隔热套管完井技术

针对稠油注蒸汽热采时常规隔热油管井筒隔热或环空气体辅助隔热工艺井下工艺相对复杂,配套的井下工具多轮次应用可靠性相对较差,且无法实现测液面、反洗井等问题而研究开发了隔热套管完井技术。

(1) 隔热套管完井方式优化

隔热套管采用内外双层管结构,油层段以上采用 $\phi 140$ 隔热套管,油层段 $\phi 101$ 普通套管,外层和内层全采用N80管材,内外管之间填充有隔热材料和扶正环,环隙内抽真空,

隔热效果提高 10% ~ 20%。

(2) 隔热套管完井配套工艺技术

射孔工艺采用 89 枪、DP40 弹、孔密 12、60° 相位、油管传输射孔；注汽时采用套管注汽方式，井口注汽流程作相应调整；举升采用 57 管式泵，焖井放喷后直接转抽；防砂工艺配套了 4½in 小直径防砂工具，以防止砂卡影响生产时率。

隔热套管完井工艺在河南油田井楼油田 L2834、L2814 进行了两口井的现场试验。两口井油层深度 210 ~ 232m，完井、射孔、注采工艺均按设计顺利实施，L2834 井采用套管注汽，注汽压力 4.1 ~ 5MPa，注汽速度 110t/d，注汽量 446t，转抽后日产液 10.29t/d，日产油 7.65t/d，阶段油气比 0.19，取得了较好的应用效果。

2. 浅层特超稠油水平井完井技术

针对浅层特超稠油油藏出砂较严重（含砂量 0.3% ~ 5.2%），油层薄（层厚 < 5m 占 78%），油层供液能力差，原油黏度大（油层温度 26℃ 脱气原油黏度 84919mPa·s），流动阻力大，单井产量低，吞吐周期短的问题，研究了浅层特超稠油水平井完井技术。

(1) 全方位螺旋射孔工艺技术

射孔枪：127 枪；射孔弹：DP40RDX 弹；孔密：16 孔/米；相位：60° 相位角全方位螺旋布孔。

(2) 挤压充填防砂工艺技术

加砂量 22.6 ~ 45.2m³，充填半径 1.1 ~ 2.8m，既有效地防止地层出砂，又增加了近井地带渗流能力，提高了水平井产能。

现场应用 4 口井，平均单井峰值日产油 36.8t，正常生产平均单井日产油 15.9t，为周围直井同期产量的 2.7 倍，应用效果显著。

3. 超稠油水平裂缝压裂防砂一体化完井技术

针对超稠油油藏胶结疏松易出砂、原油黏度大、吞吐周期短的问题，研究配套了以压裂防砂一体化工艺、大孔径高密度射孔工艺、高效宽温油层保护为关键技术的超稠油水平裂缝压裂防砂一体化完井技术。该技术将地层填砂与环空充填有机结合，弥补地层亏空，提高防砂综合效果；降低近井表皮系数，提高渗透率，实现增产防砂双重效果；改变近井地带应力状态，预防套变套损。

该技术现场应用 78 口井，增产原油 9930t，生产时率由 62.1% 提高到 89.8%，提高 27.7 个百分点。

4. 超稠油大套管完井技术

针对超稠油油藏原油黏度高，流动阻力大，举升难度大；地层胶结疏松，油井出砂严重；生产周期短（平均吞吐周期为 64 天），注采转换频繁的问题，研究配套了 9½in 大套管完井技术。其主要配套工艺为大孔径高孔密深穿透射孔、活动式双管井口，双管注采，氮气隔热、化学降黏工艺、挤压充填防砂工艺技术。

在古城油田 G61008 井应用 9½in 套管完井，吞吐周期延长 2.9 倍，为超稠油开发探索了一条新完井技术，减少了注采转换成本。

(三) 举升工艺

针对稠油井注采热损失大，原油流动阻力大；复杂小断块注采井网不完善，地层能量下降，影响开发效果的难题，研究配套了环空气体辅助隔热一体化注采工艺、稠油热采水平井大斜度举升工艺、复杂小断块同井采注水技术和井下油水分离技术。

1. 环空气体辅助隔热一体化注采工艺技术

针对新庄油田中浅薄层稠油注汽井筒热损失大,套管水泥环易损坏的问题,研究开发了环空气体辅助隔热一体化注采工艺技术。其关键技术为环空气体辅助隔热技术和多轮次不动管柱隔热注采一体化技术。环空低压气体导热系数低、热阻大,可有效隔热;多轮次不动管柱隔热注汽转抽,成本低。

该技术在新庄油田推广应用 356 井次,累计产油 $16 \times 10^4 \text{t}$,油汽比 0.33,保证了中浅薄层低品位复杂小断块稠油油藏的经济有效动用。

2. 稠油热采水平井大斜度举升工艺技术

针对稠油油藏油层薄(层厚 $< 5\text{m}$ 占 75.2%),油层供液能力差,产能低(沉没度 $< 10\text{m}$),常规抽稠泵大斜度段泵阀无法关闭的问题,研究开发了稠油热采水平井大斜度举升工艺技术。该技术成功研制了系列大斜度抽稠泵,解决了抽油泵凡尔密封不严、稠油进泵流动阻力大的问题,提高了泵效和油井产量;浅层水平井实施注、采一体化热采工艺,减少了注汽、转抽过程中的热损失,节约了作业费用。

该技术现场应用 10 口井,最大井斜角达 73° ,泵效最高达 85.6%,平均油汽比 0.393,与周围同层位直井同期对比,最高增产倍比达 3.72,平均增产倍比为 2.56。

3. 复杂小断块同井采注水技术

针对小断块油藏无法布置注水井网无法注水,地层能量下降快难题,研究出倒置电泵同井采注水工艺技术,在现有井网条件下解决了小断块油藏经济注水补充能量的问题。

① 研究出适用于 $\phi 139.8\text{mm}$ 、 $\phi 178\text{mm}$ 套管井的采上注下、采下注上、井对井同井采注水工艺技术,适应井深 $\leq 2000\text{m}$ 、井口注入压力 $\leq 30\text{MPa}$ 、额定排量 $\geq 30\text{m}^3/\text{d}$ 。

② 采用高压插入密封分层注采管柱形式,解决了电泵管柱不能带封隔器分层的难题,实现了管柱后期作业时的分段解卡处理、防反吐的井下密闭注层同井采注水。

③ 研制了高压注水井口电缆穿越密封器,在国内首次成功应用过电缆井口密封压力达 25MPa ,可满足电泵井高压注水。

④ “采上注下”工艺中独创的采水层油套环空正反循环洗井冲砂工艺,可对采水层井下过滤器堵塞冲洗,有效防止滤层堵塞,保证采水层供水量,延长机组使用寿命。

现场试验 3 口井,工艺成功率 100%,截至 2008 年 6 月已平稳运行 13~20 个月。累计注水 28779.4m^3 ,增油 2215.2t,创效益 1518.67 万元,解决了小断块油藏的能量补充问题。

4. 井下油水分离技术

针对高含水高产水油井产出水返注地层或外排,既增加了环保压力,也增加油田开发成本,使部分高含水油井不得不关闭的问题,研究开发了井下油水分离技术。

该技术利用水力旋流分离原理,在井下的旋流分离器内将由产层采出来的油水混合物分开,分离的油采出到地面,分离的水则注入目的层,实现井下油水同井注入和采出,减少高含水油井产出水的无效举升,减少地面产水量和地面水处理费用,延长油井的经济寿命。

① 在 $\phi 139.7\text{mm}$ 套管井创新地采用双流道倒置电潜泵、三交叉流道双级串联静态水力旋流分离器、两级封隔器、内外插管密封结构,设计出油层采液通道、注水层注入通道、原油采出通道三条通道,实现了单电机、单电泵井下油水分离。

② 首创了双流道倒置高压电潜离心泵。

③ 首创了多流道井下单、双锥两级串联水力旋流分离器。

④ 设计两级封隔器封隔采油层和注入层,实现了下级封隔验封,可靠地实现了采上注

下、采下注上两种方式井下油水分离。

该技术共在河南油田进行 4 口井 5 井次试验, 工艺成功率 75%, 分离后水中含油浓度小于 200mg/L, 地面水油比由试验前的 99 降到 24, 累积注水 45640m³, 减少地面产水 45640m³, 累积增油 684. 2t, 投入产出比达到 1:4 以上, 具有较好的经济效益和环保效益。

(四) 增产增注

针对低渗透油田油井自然产能低, 水井欠注严重; 稠油油藏蒸汽窜流严重, 蒸汽利用率低, 原油流动阻力大, 开采效果差的问题, 为改善油田开发效果, 研究配套了南部陡坡带泌 304 井区整体压裂技术、两薄地层压裂技术、转向压裂技术、层内自生 CO₂ 深部解堵增注技术、稠油热采组合调剖技术和稠油热采地下复合催化降黏技术。

1. 南部陡坡带泌 304 井区整体压裂技术

针对南部陡坡带泌 304 井区低孔低渗, 自然产能低, 不能达到开发方案配产要求, 开展整体压裂技术研究与应用。通过泌 304 区块构造应力分布研究, 确定地应力大小、方向及分层地应力平面分布规律; 结合 304 井区注采井网与压裂裂缝方位, 运用整体压裂优化设计软件, 采用正交试验设计与模糊综合优化决策方法, 确定合理水力裂缝参数, 裂缝缝长 60 ~ 90m, 导流能力 45 ~ 50dc · cm。

2008 年在 304 井区开展了 15 口井的现场试验, 有效率 100%, 平均单井日产液由压前的 2. 16t 增加到 25. 92t, 日产油由压前的 0. 57t 增加到 7. 13t, 日增油 6. 56t, 累计增油 6597. 3t, 措施增产效果显著。

2. 两薄地层压裂技术

针对大厚层内低渗透层段纵向上夹层薄产层薄, 目的层 3 ~ 5m, 夹层一般为 4 ~ 6m, 平面上为加密井网小井距且大部分水淹, 施工规模大易导致缝高缝长过度延伸, 造成暴性水淹, 加剧层间及平面矛盾的问题, 研究配套了两薄地层压裂技术。

(1) 薄层组合控高压裂技术

分析了影响裂缝垂向延伸的主要因素, 通过压裂液、加砂规模、变排量等施工参数优化实现裂缝参数的最优化, 研究人工隔层控缝高压裂工艺, 并通过正交设计方法研究薄层控高压裂的优化组合技术。

(2) 薄储层在不同储隔层应力差下要求的最低隔层厚度

针对 5m 的储层在组合控高优化组合技术的基础上, 通过水力裂缝模拟, 计算不同应力差条件下需要的最低隔层厚度, 为选井选层提供依据, 避免施工风险; 同时根据上述模拟结果制定如下应力差与隔层厚度界限图版。

2007 年至今该技术累计现场实施 21 井次, 累计增油 13300t, 取得了较好的经济效益与社会效益。

3. 转向压裂工艺技术

针对低渗透油田一次压裂裂缝已基本失效, 重复压裂裂缝沿老缝延伸, 增产效果差的问题, 研究配套了以转向压裂物理模拟实验、转向压裂优化设计技术、转向压裂封堵材料、多次强制转向压裂工艺技术、转向压裂裂缝解释技术为主要技术内容的转向压裂工艺技术。

2007 年以来, 开展了 3 口井缝内转向及堵老缝压新缝先导试验, 增油 802t, 取得了良好的增产效果。