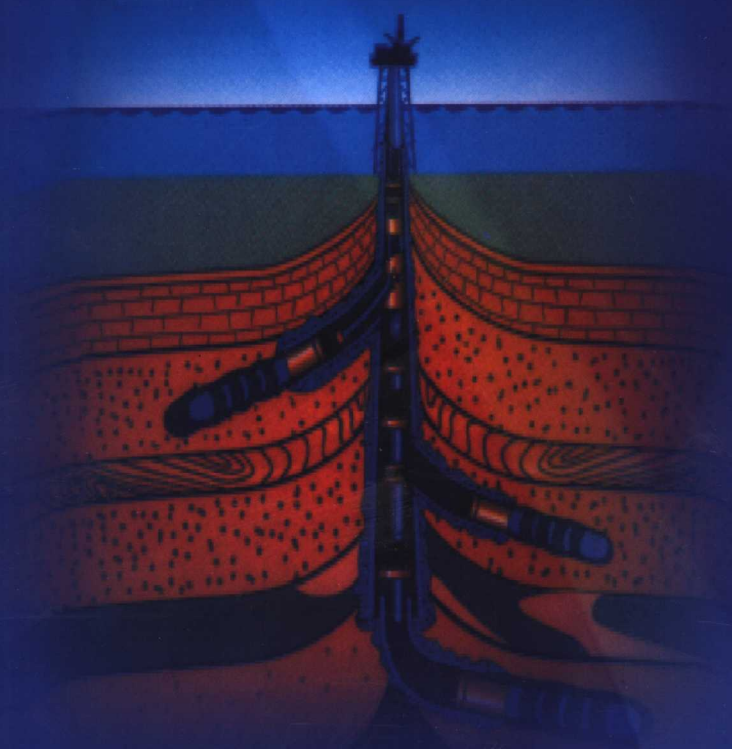


复杂结构井完井及开采 技术研讨会论文集

◆ 金晓剑 主编



中國石化出版社

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

复杂结构井完井及开采 技术研讨会论文集

金晓剑 主编

中国石化出版社

图书在版编目(CIP)数据

复杂结构井完井及开采技术研讨会论文集/金晓剑主编.
—北京:中国石化出版社,2006
ISBN 7-80229-172-0

I. 复… II. 金… III. ①完井-学术会议-文集
②石油开采-学术会议-文集 IV. ①TE257-53 ②TE355-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 100494 号

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

北京精美实华图文制作中心排版

北京大地印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 16 印张 397 千字
2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

定价:40.00 元

编 委 会

主 编：金晓剑

副主编：何生厚 吴 奇 沈 琛 罗国英

编 委：曾庆坤 杨能宇 姜 伟 陈 明 刘 合

李孟杰 李 波 王 峰 牛新明 王伟元

檀德库 李宗田 刘良跃 周学富 薄启炜

张学鲁 张春阳 崔亚民

前 言

在党的十六届五中全会上,胡锦涛总书记指出“要把增强自主创新能力作为可持续发展的战略基点和调整产业结构、转变增长方式的中心环节,大力提高原始创新能力、集成创新能力和引进消化吸收再创新能力。”

作为国家建设的主力军,中国石油工业从小到大,经过 50 多年的迅猛发展,在开采技术、采油工艺以及提高油气资源的采收率等方面都已经达到或接近世界先进水平。尤其是近两年来,中国石油、中国石化、中国海油三家石油公司和国内相关石油院校,针对陆地、海上石油开采存在的问题和面临的挑战进行了深入的研究和实践,大力倡导自主创新,探索出一系列新技术、新工艺、新方法。特别是在复杂结构井完井及开采技术方面,取得了一批重要的科技成果,为解决国内类似复杂油田、复杂井所面临的难题提供了有益的帮助。

为进一步总结和推广复杂结构井完井及开采技术的经验和成果,中国石油学会石油工程专业委员会、中国石油学会海洋石油分会于 2006 年 9 月联合举办“复杂结构井学术研讨会”。这次会议的征文得到中国石油天然气股份有限公司、中国石油化工股份有限公司、中国海洋石油有限公司以及各大石油院校的鼎力相助,广大石油科技工作者积极响应,短时间内便征集到论文 86 篇。经过专家们的优选,最终确定 31 篇论文在本次会议上发表,41 篇论文作为这次会议的文字交流材料收入论文集出版。

这些论文可以说涵盖面非常广,它集中展示了我国石油工业界研究人员以及奋斗在一线的工程技术人员的智慧和劳动结晶。内容包括水平井、多分支井钻井完井、简易防砂完井、树根井技术在稠油油田开发中的运用,水平井砾石充填、筛管顶部注水泥、分段酸化、修井工艺等技术,以及各种复杂井的配套技术的运用,各种压裂技术的研究及运用等等。

这些论文对从事油田开采及进行钻井完井工作的广大石油工程技术人员和石

油院校的师生具有很高的参考价值,对今后复杂结构井完井及开采技术的进一步发展和应用,必将具有重要的促进和指导作用。我们衷心希望论文集的出版能起到抛砖引玉的作用,使更多的石油工作者在复杂结构井完井及开采技术研究及应用上取得更大的成绩。

本论文集的出版得到中国石油学会海洋石油分会、中海石油(中国)有限公司天津分公司的大力支持,在此,谨向所有论文作者和出版支持单位致以衷心的感谢。同时,尽管参加编撰的各位作者付出了辛勤的努力,但也难免会出现疏漏或不尽人意之处,敬请广大读者不吝赐教。

**中国石油学会石油工程专业委员会
中国石油学会海洋石油分会**

目 录

特殊井型钻完井配套技术提高渤海油田采收率·····	范白涛	张春阳等(1)
渤海湾水平分支井钻完井工艺技术浅析·····	安文忠	张春阳等(8)
杜 84-兴 H238 鱼骨型水平井钻井技术 ·····	薄 珉	曹传文等(14)
环保型多羟基聚合物海水钻井液研制及应用·····	吕开河	邱正松等(20)
优化完井方案实现锦州 20-2 生产井高产 ·····	李立宏	李 斌等(27)
临高 20-1-2 高温高压井固井创新技术 ·····	罗宇维	张光超等(32)
水平井筛管顶部注水泥技术的研究和应用·····	皇甫洁	蔡庆俊等(40)
塔里木油田深井长裸眼、长封固段固井技术 ·····	段永贤	秦宏德等(45)
套管外封隔器自增压式双卡固井工艺技术·····	刘玉民	金志富等(50)
吐哈油田水平井固井技术研究与应用·····	周芝琴	林敬民等(58)
提高水平井固井质量配套技术研究与应用·····	刘宏梁	(67)
复杂结构井固井用多功能聚合物柔性水泥浆体系研究·····	李早元	郭小阳等(74)
水平井底水油藏变密度射孔技术优化研究·····	王树强	杨继军等(80)
复合射孔技术在肇 53-平 37 水平井上的应用 ·····	王树中	洪雯霞等(85)
射孔、压裂、采油一体化管柱工艺技术在 DC024 分支井的 成功应用·····	袁新生	谢 斌等(90)
DK-580 井无损害钻井液完井液技术 ·····	龚厚平	储书平(95)
水平井砾石充填防砂工艺在营 13-平 2 井的应用 ·····	周承诗	王 威等(99)
简易防砂完井工艺技术在渤海稠油油田开发中的应用·····	李 斌	邓建明等(104)
大修井防砂完井一次管柱·····	张建军	(112)
侧钻井及缩径井分层采油工艺技术的研究·····	岳振玉	古光明(117)
江汉油田复杂结构井采油配套技术·····	肖国华	和新鹏等(121)
提高定向井有杆泵举升系统效率的参数优化设计方法·····	郭世英	王希涛等(129)
水平井产能预测方法研究·····	夏 健	韩国庆等(136)
定向井螺杆泵技术研究·····	胥宏峰	(142)
侧钻出砂井分层注汽配套工艺技术研究及试验·····	曲绍刚	(149)
江汉低渗透储层提高压裂效果技术对策·····	李四军	(152)
复杂结构井堵水及酸化工艺技术·····	童 琥	(155)
大庆油田水平井分段酸化技术研究·····	李胜利	王 鑫等(158)

水平井机械隔离分段压裂技术·····	刘锦玉 黄 远等(164)
水平井环空分段压裂工艺技术·····	王 峰 张晓光等(170)
胜利油田水平井修井工艺技术现状及发展·····	郝金克 张 峰等(175)
国内外水平井大修技术的发展与应用·····	艾教银 兰中孝(182)
创新技术在 BZ28-1-S1 井的成功应用·····	司念亭 李立宏等(189)
组合套管井修井施工工艺优化及完井管柱改进·····	付显威 崔德秀等(193)
渤海出砂井修井技术探索与实践·····	李贵川 于小龙等(198)
蒸汽驱高温不压井作业工艺技术·····	李树全(205)
水平井试油测试技术研究·····	王树强 李洪山等(209)
水平井动态监测技术·····	许宝燕(217)
多分支井在南堡 35-2 稠油油田开发中的应用·····	曾祥林 孙福街等(226)
辽河油田稠油油藏水平井应用实例分析·····	刘 伟 刘喜林等(233)
煤层气鱼刺井钻井技术与试验·····	黄洪春 李景明等(241)

特殊井型钻完井配套技术 提高渤海油田采收率

范白涛¹ 张春阳¹ 祝正波² 陈胜宏²

(1. 中海石油(中国)天津分公司; 2. 中海油基地集团监督监理技术公司)

摘 要 随着渤海湾海上油田开发实践, 采用以往常规定向井开发在一些油田应用效果不理想, 近年来尝试了一些特殊井型钻完井配套技术应用取得了较好效果。本文从分析海上与陆上油田开发的异同点入手, 分析了海上油田通过采用特殊井型及其配套钻完井技术在提高产能和采收率方面所取得的优势, 丰富油田开发钻完井技术, 对指导油田的高效开发具有重要意义。

关键词 特殊井型 钻完井 油田开发 采收率

1 引 言

在渤海已开发的油田中, 疏松砂岩稠油油田占 80% 左右, 采收率不到 18%。按现有已动用和正在动用的稠油可采储量约 $12 \times 10^8 \text{m}^3$ 计算, 如果将采收率提高 2 个百分点, 相当于又发现了一个亿吨级的大油田。如果采油速度提高一倍, 渤海的原油产量将大幅度提高。因此探索一条有效提高稠油油田采收率的新路子, 是钻完井工作者普遍关心的问题。

实践证明, 复杂结构井(水平井、水平分支井及大位移井)是提高单井产能、增加油田开发效益和降低成本的有效途径之一。复杂结构井开发技术是一项涉及油藏、钻井、采油、测井等多学科的综合性技术。要获得特殊井型的成功, 重点是筛选合适的油藏地质条件和采用配套的钻完井技术: 精确的地质导向和随钻测井系统、钻完井全过程油层保护技术、合适的井型和完井方式和油井管理等。

2 海上油田开发策略及调整

鉴于海上油田开发高风险高投入的特点, 要取得较好的开发效益, 降低开发投资, 必须减少平台数量和规模, 扩大单井对储量控制和实现少井高产。与陆上油田开发相比, 海上油田具有井距大、井数少等特点。陆上油田作业一般限制因素少, 可根据油藏分布特点, 在原有井网基础上, 为改善油气田开发效果, 补充多钻调整加密井。海上油田则受剩余槽口数量影响, 只能钻少量调整井, 对挖掘剩余油所采用的井型就提出了较高的要求。

为提高海上油田采收率, 过去通常采用规则井网, 定向井开发, 多层同采等方案。但按照这些做法实施带来一些弊端: 规则井网造成河流相储层变化的适应性差; 定向井开发对储层面积的控制因为点与面的关系无法最大化; 多层同采层间互相干扰, 各层实际贡献往往小于预期。

针对以上弊端, 近年来在渤海油田尝试了一些新的做法。打破井网限制, 通过特殊井型

控制储量，抓住主力油层。井型由单一的定向井向多种井型变化，如水平井、分支井、多底井、裸眼定向井等，特殊井型的应用增大了油藏暴露面积和储量控制程度，提高油井产能和采收率。甚至单井或少数井自成井网，提高储量动用程度。在实施过程中创造性地执行油田开发总体方案，采用滚动开发，规避风险，提高开发效果。

3 渤海油田特点及特殊井型应用情况

3.1 渤海油田地质油藏特点

概括起来，渤海湾大多数稠油油田地质油藏具有以下特点：

- ① 储层多为河流相沉积，变化大且连续性差。
- ② 油藏埋深浅，多为疏松砂岩，高孔高渗，极易出砂。
- ③ 油稠，胶质、沥青质含量高。
- ④ 油藏基本属于正常的温度、压力系统。
- ⑤ 普遍存在较强敏感性，如水敏、应力敏感等。

根据渤海油田油藏特征及国内外油田开发经验，认为以下几种油藏类型适合采用水平井、分支井等特殊井型技术：裂缝性油藏，边底水断块油藏，稠油砂砾岩油藏，高含水油藏，地层较陡的层状油藏，低渗油藏等。通过数模和地震资料处理，搞清储层、流体分布情况和构造形态，筛选井的最佳位置、轨迹和分支数，结合经济评价，确定最终井型。

3.2 特殊井型在渤海油田应用情况

鱼骨刺型水平分支井钻完井技术首次在渤海绥中 36-1 油田调整井试验并取得成功，通过增大油藏暴露面积，大大提高了油井产能，为渤海稠油提高采收率开辟了一条新路。随后该技术陆续推广应用在渤海湾旅大油田群、渤中 25-1 油田、南堡 35-2 油田和老油田调整井项目，应用效果显著并逐步发展成为油田开发常规技术。尝试过的井型包括：TAML-4 级完井的多底水平分支井、不同分支数的水平分支井、裸眼定向井、套管不固井完井和大位移井等，累计占新开发油田总井数 1/3 左右，累计约 80 余口井。其中，以渤海最具挑战性的稠油油田南堡 35-2 油田为例，地下平均原油黏度达 741mPa·s，若采用常规定向井开发没有效益。在实施阶段大胆采用 20 余口水平分支井开发，才使这样的稠油油田经济开发起来。

4 特殊井型钻完井配套技术

地质油藏钻完井部门一体化协作，采用先进的旋转导向钻井系统和实时可视决策系统，进行井眼轨迹的精确控制，保证了在油藏中的中靶率，为特殊井型的钻完井作业提供了很好的保证。同时引入了钻完井全过程油层保护技术，适度防砂技术等，多项技术相得益彰，突破了稠油油田的常规钻完井技术束缚。

4.1 实时可视决策技术

为提高海上特殊井型钻井作业质量和效率，2004 年中海油天津分公司提出“无缝沟通”的管理理念，依托先进的网络传输技术，及时地把钻井参数数据、录井数据、随钻测井数

据、随钻井眼轨迹数据、测试数据等技术数据第一时间同时传输到基地办公室，让地质油藏研究、地质、定向井和钻完井等各路专家，通过综合分析、研究和判断，统一对目前钻完井实时效果的认识，及时下达指令到现场实施下一步作业，同时将现场传回的数据与室内地质油藏静态研究成果紧密结合，及时修改、完善对室内地质油藏的静态认识，指导现场钻完井作业(见图 1)。

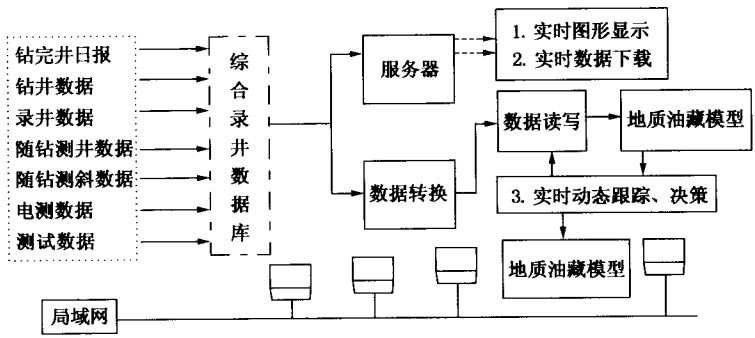


图 1 实时可视决策系统流程

4.2 井眼轨迹控制技术

钻特殊井型要求定向中靶精度高，开采的油层具有一定的产油能力，具有最小的地质风险，具体表现为具有一定的地质储量，距油水边界有一定距离，储层分布稳定，尤其开采薄油层、挖潜老区剩余油，老区剩余油分布复杂，挖潜目的层与高水洗层距离近，保证钻具在油藏区域内或含油饱和度高的区域内极为关键，组合钻具必须应用随钻测量系统，控制垂深和横向误差越小越好，进一步提高对油层命中率。

使用旋转地质导向工具和 LWD 随钻测井系统，测量内容包括：定向参数(井斜角、方位角、工具面角)；测井参数(自然伽马、电阻率等)。通过泥浆脉冲信号在地面可实时直观显示以上参数。旋转导向系统能够在连续旋转的过程中进行精确的定向控制，实现方位和井斜的调整，而且可以实现边钻进边测井的功能，大大提高机械钻速，减小扭矩和摩阻，提高钻井作业效率。随钻测量系统中的定向专用工具，即“几何靶子”，控制垂深误差上下 1m 左右；测井专用工具，即“地质靶子”能达到优选剩余油富集区的目的，保证水平段在油层中沿有利部位延伸；其他的测试专用工具能达到使整个钻井过程顺利低污染的完成。主井眼轨迹的控制窗体：长×宽×高为井眼长度×10m×2m；分支井眼轨迹的终了点的窗口宽×高为 10m×2m，并且终止点偏离主井眼的距离要大于 30m，有利于提高地层流体的泄流面积。(见图 2)

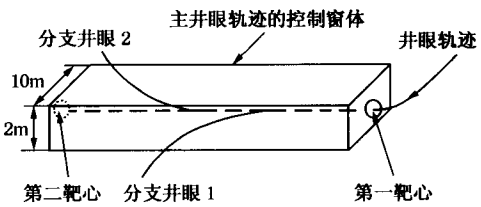


图 2 分支井眼轨迹控制窗体示意图

4.3 钻完井全过程油层保护技术

大部分特殊井型分布在疏松砂岩油层，为保护油气层，针对疏松砂岩油藏的固有特性及发生损害的主要机理，开展了相应钻完井方式、钻完井液组合体系等方面的研究。

① 疏松砂岩储层和油井系统具有很强的敏感性：应力敏感、外部流体敏感和微粒运移敏感。

疏松砂岩具有高孔隙度、高渗透率、弱胶结和低强度的特点，疏松砂岩油层是一个对环境变化极为敏感的系统，并影响油井的表皮系数和生产指数，必须充分认识疏松砂岩的这种敏感性，并根据这种特点制定措施，减少负面影响，探求利用正面影响的可能性，提高产能。

② 疏松砂岩油层保护与完井方法密切相关。

油井系统包括井筒—环空—地层，各部分均可对油层产能产生影响，并相互作用。与致密砂岩常用的射孔完井方法不同，疏松砂岩完井方法有多种选择，基本分为两大类：一类完井方法会对油层的直接损害(如射孔损害、膨胀筛管压实损害以及筛管堵塞等)，加剧井眼周围地层的应力损害和颗粒运移损害；另一类选择合适的完井方法有助于地层卸载，减轻疏松砂岩油层损害并强化油井产能(见图 3)。

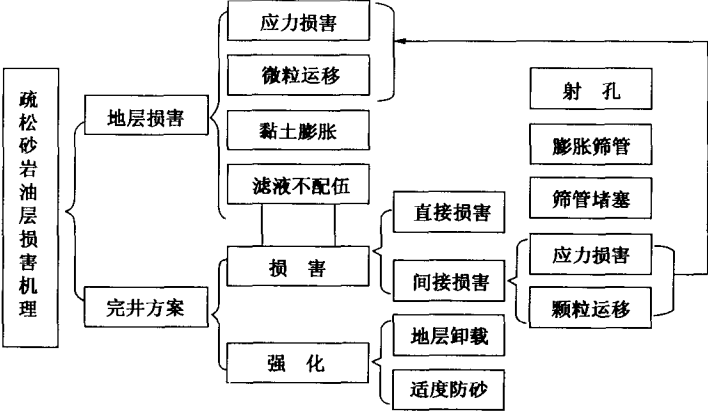


图 3 疏松砂岩油层损害机理及保护

4.4 油层保护钻完井液技术

发展特殊井型钻完井技术，针对不同储层的特点开发相适宜的钻完井液体系。进一步降低水平井钻完井成本，提高效率，尽量减少油层污染，保护储层。特殊井型对钻完井液的特殊要求至少应满足以下 5 点要求：①维持井壁稳定。②井眼润滑性能良好。③井眼净化良好。④控制滤液的滤失量及漏失量。⑤良好的配伍性，最大程度地保护油气层。

目前，在渤海湾特殊井型所用的钻完井液组合体系，主要包括油基/合成基/水基钻井液、泥饼清除液/破胶液、隐性酸体系完井液。

(1) 油基/合成基/水基钻井液

特殊井型油层段钻井液采用无固相油基、合成基或水基钻井液。前期多以合成基和油基钻井液为主，以有机物/合成有机物为连续相、盐水为分散相，有机土为悬浮固相，加入乳化剂、增黏剂和润滑剂等组成一种逆乳化悬浮分散体系，即油包水结构的钻井液体系，其性能与油基相似，但由于其不含芳香烃，毒性小，可生物降解，闪点高，凝固点低，适合于稠油油田的钻井作业。但油基和合成基在向水基完井液转化时易发生乳化作用，同时考虑到成本、作业效率因素，开发了无固相弱凝胶体系钻井液 PRD 体系，其油层保护效果与油基相

当，费用降低近一半。各种钻井液油层渗透率恢复值均达 90% 以上，油层保护效果良好(见表 1)。

表 1 合成基、油基和水基 PRD 钻井液的主要性能

钻井液体系	合成基钻井液		油基钻井液		水基 PRD 钻井液	
	设计性能	实际性能	设计性能	实际性能	设计性能	实际性能
漏斗黏度/s	80~90	81~93	85~95	92~96	70~90	80~90
塑性黏度/mPa·s	50~60	42~56	45~60	54~61	20~40	18~22
屈服值/Pa	35~45	14~22	20~30	9~15	15~20	14~25
初切/终切/(Pa/Pa)	4~8/5~15	5~8/7~12	5~10/6~16	2~4/4~5	5~10/8~15	3~4/7~9
API 滤失量/(mL/30min)	2~4	3.2~3.8	0~3	4.2~4.4	4~6	3.5~4
滤饼/(1/32in)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
固相含量(体积)/%	8~12	9~10	10~13	12	—	—
油水比	70/30	70/30	80/20	72/18	—	—
电稳定度/V	>400	350~610	>500	300~510	—	—
渗透率恢复值/%	96.6	93.2	94.2	91.2	95.7	93.2

在实施过程中，在满足井眼轨迹控制情况下，控制钻速，充分循环携砂。并充分利用钻井固控设备有效清除固相成分，维护好体系各项性能。在完成每个分支和主井眼作业后，起钻前均替满新配制的无固相钻开液。

(2) 滤饼清除液/破胶液

合成基和油基钻开液会在井壁上形成滤饼，水基 PRD 会形成一层零渗透胶“泥饼”，如果不进行解除，将会堵塞筛管，并会在很长一段时间内很难降解且影响生产，必须最大程度地清除。因此，针对两种体系分别设计了相应的滤饼清除液和破胶液。油基/合成基钻井液滤饼清除液：用酸解除泥饼中的酸溶性材料，并使整个滤饼松动；用溶剂型有机物来溶解沥青类降滤失剂；用高效清洗渗透剂处理滤饼；利用黏土稳定剂来防止储层黏土水化膨胀、分散运移；并增加降黏助排剂防止产生乳化。PRD 破胶液：用强氧化剂破胶。以上两种体系的解除效率均达到了 90% 以上。

(3) 隐性酸体系完井液

针对渤海疏松砂岩油层强的水敏及应力敏感，结合以前油田使用效果，使用隐性酸完井液具有良好到配伍性和储层保护效果，能最大限度地解除前期工作液对储层造成的损害，并防止与原油产生乳化。在此基础上，通过增加隐性酸螯合剂的加量使保护型完井液进一步升级为进攻型完井液，替代了增产措施。同时，针对稠油油田增加降黏稀释剂来达到助排功效。

4.5 适度防砂简易完井工艺技术

根据钻完井全过程油层保护研究结果，为强化油井产能，对疏松砂岩油层应力敏感介质建议采用裸眼内下优质筛管简易防砂地层卸载完井方式，不建议采用砾石充填保守的防砂方式。突破一般的防砂理论是充填砾石采用地层砂粒度中值粒径的 5~6 倍，适度放大防砂粒径，允许部分地层砂随原油产出，从而避免细小砂粒堵塞筛管造成近井地带油流通道的堵塞，并可在近井地带形成“蚯蚓洞”，从而提高地层渗透率，强化油井产能。(见图 4)

目前机械防砂筛管比较先进的过滤介质结构，属平纹网、荷兰式斜纹网和多层复合网，它们的共性是有规则编织而成，其缺点是对地层砂的粒度较为敏感，适应性差，容易造成砂

堵或大量出砂，很难真正实现适度防砂的效果。

渤海特殊井型完井实践表明，金属绵蠕动滤砂管能很好实现适度防砂。以金属纤维做过滤材料，从微观上看，有范德瓦尔斯相互作用力、接触静电吸引力、剩余电荷吸引力、液体桥四种力作用在细小的砂粒上，在不同条件下其中的一种力起主要作用。（见图 5）其立体结构特点决定：防砂适用范围广，对地层砂的粒度分布范围不太敏感，区间大。自洁功能，细小颗粒易通过。即使被堵塞，也不会在平面上流动通道被堵死。自修复功能，在压差较大情况下，部分大颗粒被“挤出”，因金属丝的弹性，其原有的形状很易恢复。能够很好实现适度防砂，出砂量基本都能控制在 0.1% 之内。

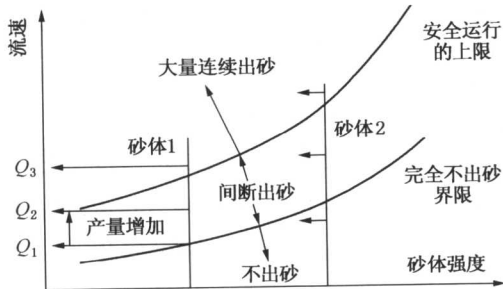


图 4 适度防砂规律

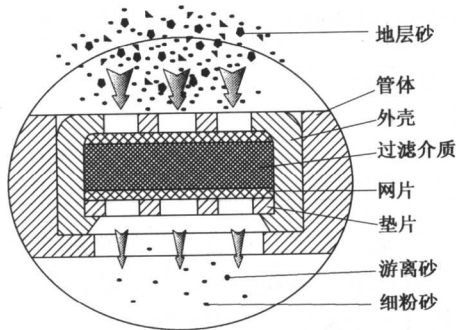


图 5 适度防砂筛管防砂原理

4.6 油井精细化生产管理

油井在钻完井作业结束后投产和生产管理过程对其产能的发挥至关重要，需要进行精细化管理。

对于裸眼完井的优质筛管井来说，需要缓慢建立生产压差才能使地层砂在近井带建立稳定砂桥。如果压差建立过快或频繁改变工作制度，那么就很难建立稳定砂桥，容易引起出砂或堵塞。渤海油田不乏因油井生产管理成功与失败地例子，如渤海某油田 D27h 井因初期生产压差过大而出砂停产，冲砂洗井后缓慢采用变频拖带，出砂量控制在 0.01% 以内，产量逐步恢复至 80~90m³/d（见图 6）。

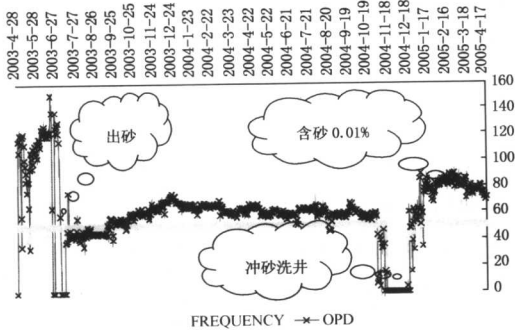


图 6 渤海某油田 D27h 井生产情况

5 特殊井型在渤海油田应用效果

从渤海油田大部分特殊井型的生产情况来看，由于采用了“适度防砂”技术，避免了压实造成的污染，大大解放了油井产能，取得了喜人的效果：如 SZ36-1 油田调整井，在同一油藏条件和相同的生产压差下，邻井平均原油产量仅 26m³/d，而水平分支井的产量就达到了 150~180m³/d，是常规定向井产能的近 5 倍。旅大 10-1 油田裸眼定向井 A11 井，采用配套钻完井技术后创造了日产超万桶的辉煌业绩。

6 结 束 语

① 特殊井型大大提高了油井产能和采收率，为渤海油田稠油开发开辟了一条崭新的、高效的途径，并逐步发展为常规油田开发技术，具有很好到推广应用价值。

② 特殊井型应用的钻完井技术是一种配套系统工程，需要全过程注重油层保护措施和方法，才能达到预期的效果。

③ 复杂结构井的优化和效果评价、后期水、砂治理和增产等措施等尚需做进一步的研究和试验。

渤海湾水平分支井钻完井 工艺技术浅析

安文忠 张春阳 黄小龙 陈小明
(中海石油(中国)天津分公司钻井部)

摘 要 本文从油田开发全过程油气藏保护技术出发,针对稠油油田开发难度大、产能低的特点,介绍水平分支井在开采稠油油田中发挥的重要作用,主要描述了裸眼下优质筛管完井的工艺技术,以及其他相关的提高单井产能的配套技术等,通过对以上技术的优化组合,并结合疏松砂岩稠油油田的地质油藏特性,有针对性地采用相应的技术措施,达到了大大降低钻完井过程中储层污染,最大限度地提高单井产能的目的。

关键词 渤海湾 稠油油田 水平分支井 钻井 完井 适度防砂

1 引 言

渤海湾 80% 的油藏为疏松砂岩稠油油田和边际油田,而且地质结构和油藏条件非常复杂,如何提高单井产能,最大限度地挖掘油田潜力;如何提高钻井速度、缩短钻井周期,降低单井成本、增加油田开发的经济效益;如何通过钻完井手段,达到开发中小型的边际油田的经济效益;如何提高老油田产能,实现老油田稳产或增产。实践证明,利用水平井、水平分支井以及多底井,通过对对钻完井配套技术的整合是实现上述愿望的有效手段之一。

渤海湾自 2002 年引进“钻井压裂、适度防砂”理念,到目前为止,以水平分支井为主的“钻井压裂、适度防砂”技术已经在渤海湾多个油田推广应用,油田开发取得了显著效果。从 2002 年占开发井总数的 5.9% 发展到 2005 年的 30% 左右,目前,水平分支井已经成为开发渤海湾疏松砂岩稠油油田的主要复杂结构井的井型。

2 水平分支井钻井工艺技术

2.1 井身结构优化

由于水平分支井自身存在钻进井段较长、钻井磨阻较大等特点,结合渤海湾油田压力系统及钻井经验,套管程序一般由隔水导管、表层套管、技术套管组成。隔水导管一般在建造平台时,统一锤入,入泥在 50m 左右;表层套管充分考虑后期作业难度和大井眼作业效率等问题,一般根据实际情况,下入深度在 200~500m 之间;技术套管下在油顶;水平段主井眼长度一般 400~600m,分支井眼长度 100~150m,分支数量根据油藏特征确定,井身结构见图 1。

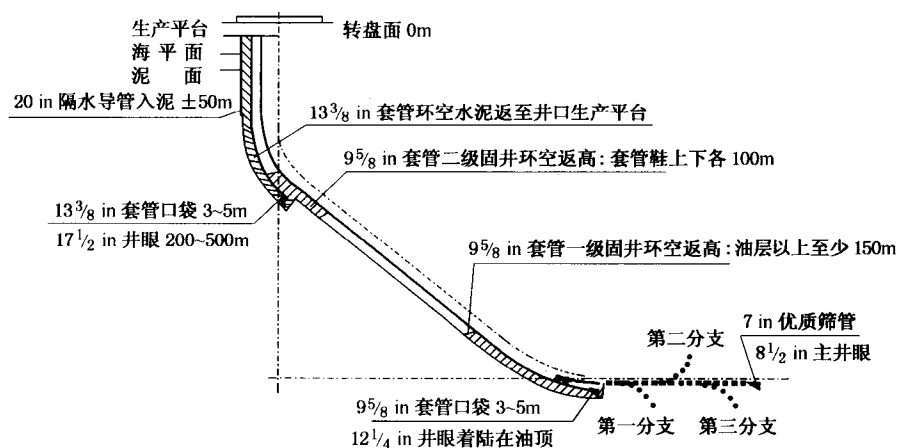


图1 水平分支井井身结构图

2.2 钻具组合技术

二开井眼上部井段一般采用的钻具组合为：PDC 钻头 + 导向马达 + 钻柱扶正器 + 浮阀 + MWD 随钻测量工具 + 非磁钻铤 + 震击器 + 加重钻杆，这套导向马达组合 + MWD 随钻测量工具组合，再根据本地区造斜率的情况，优选合理的钻柱上扶正器，这样既能够满足增斜效果，又能够达到降斜的要求。下部井段，甩掉钻柱上扶正器，改为全力增斜组合，滑动增斜至满足地质油藏要求着陆。

三开井眼钻具组合为：PDC 钻头 + 旋转导向 + 浮阀 + LWD 随钻测井工具 + MWD 随钻测量工具 + 加重钻杆，旋转导向能够“看到”距钻头 2.4m 左右的井斜、方位，近钻头伽玛和电阻率，地质导向马达能够更好的优化水平井段井眼轨迹，尽可能多的钻遇油层，能够最大限度的避免在主井眼及分支井眼段钻遇泥岩。

2.3 PEM 钻井液和油基钻井液

根据水平分支井摩阻较大、作业周期较长，并结合地质油藏特点，水平分支井二开一般选用 PEM 钻井液体系，提高抑制性和润滑性，在滑动过程中，直接向井浆内不断添加润滑剂，保证了井壁稳定和滑动作业的顺利进行；三开井段从保护油层，提高油田采收率入手，选择油基钻井液，大大降低钻进时的摩阻和扭矩，同时更好地保护油气层。

2.4 长裸眼段单级双封固井技术

单级双封固井技术在渤海湾技术套管或油层套管固井作业中普遍应用，其方法为一级水泥浆封固技术套管鞋及油层以上至少 150m，二级水泥浆封固上部套管鞋上下各 100m，中间采用隔离液，有效降低泥浆液注的压力，降低储层污染的同时，节约成本。

2.5 领眼钻井技术

在水平分支井钻井过程中，为了清楚地认识水平井段所钻油层的准确深度，需要通过钻领眼来实现，钻完领眼后，回填，侧钻。地质油藏一般要求领眼钻遇油顶、油底或油水界面