

大港油田集团公司 科技论文集

大港油田集团有限责任公司科技开发部 编



石油工业出版社

大港油田集团公司 科技论文集

大港油田集团有限责任公司科技开发部 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本文集是由大港油田集团有限责任公司科技开发部开展 2001 年科技征文活动中评选出的获奖优秀论文精编而成, 共 27 篇。全书主要由三个部分组成, 即: 钻井工程、采油工程、装备器材。

本书可供从事油气田钻井、采油和机械的管理决策人员、科研人员、工程技术人员及有关院校师生学习和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

大港油田集团公司科技论文集/大港油田集团有限责任公司
科技开发部编. —北京: 石油工业出版社, 2002.10

ISBN 7-5021-3971-0

I. 大…

II. 大…

III. 石油工程—科学技术—文集

IV. TE-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 076698 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 14 印张 355 千字 印 1—800

2002 年 10 月北京第 1 版 2002 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3971-0/TE·2856

定价: 35.00 元

前 言

科学技术作为时代发展的主旋律，已越来越受到人们的重视和关注。近年来，大港油田科技成果丰硕，效益显著，在增强企业的核心竞争力中发挥了不可替代的作用。这本《大港油田集团公司科技论文集》就是在这种情况下酝酿成熟的，也许她来的稍迟了些，但总能了却本书编者“展示油田科技风采，加强科技信息交流”的心愿。

1999年，中国石油经历了重组、改制、分离的一次大的变革。对于存续企业的大港油田集团公司，一夜之间失去了油气资源依托，完成了由一个生产石油天然气的企业向地区综合性服务公司的蜕变。对于一个中等规模的石油技术服务公司，形势逼迫我们必须摸索出一条具有大港特色的发展道路。“以发展求生存，以特色求发展，以调整促发展”的工作思路，是大港油田集团公司重视科技，重视人才的真实写照。

石油是技术密集的行业，没有自主知识产权的技术，就无法在激烈的市场竞争中生存。尤其是技术服务公司只有在特色技术上下功夫，拥有技术优势才能在市场竞争中赢得一席之地。大港油田集团公司开始了走科技路，打特色牌，靠特色技术打天下的征程。

多年来，大港油田集团公司形成了不少具有比较优势和相对特色的技术。长、中、短半径水平井，大斜度、大位移、多目标井钻井技术；深井、超深井及复杂构造井钻井技术；液相欠平衡钻井技术；极浅海钻井技术；高温深层压裂、多层分选压裂及大型酸化压裂技术；高难度打捞技术；滩海勘探技术等等在国内都是过得硬、叫得响的。这些科技成果的取得，凝聚了集团公司上下，特别是广大科技人员的无数心血。将这些科技成果、工作心得加以整理出版，既是对科技人员工作的肯定，也是对大港油田集团公司科技现状的再认识。

石油科技，对石油工业的发展自始至终都发挥着极为重要的作用。大港油田这些年依靠特色技术闯市场，依靠科技作支撑取得的成就，就充分说明了这一点。这次整理出版的论文，主要涉及的是主营业务中钻井工程技术和井下作业技术方面的内容。

在论文的收集整理过程中，虽然作者倾己之所有，编者尽己之勤勉，并且组织了论题的查新和专家评审，但由于工作经验不足，资料来源又具有相对的局限性，因而从论文的选题，到论文的阐述难免有不妥之处。这些论文只能看

做大港油田科技苑中的一朵朵小花，寄希望于这本论文集能够对大港油田的科技交流起到推动作用，为广大科技工作者提供一个展示、交流的舞台，为石油行业的朋友们提供一个了解大港科技的窗口。

编者

2002年7月

目 录

第一部分 钻 井 工 程

大港油田“九五”期间保护油气层钻井液技术研究与应用

.....	田增艳	黄达全	王思友	郭剑梅	(3)
欠平衡钻井中保证设计欠压值的方法	何卫滨	张文华	董德仁	(19)	
如何完成马东东油田大位移井的钻探 ...	董德仁	何卫滨	宋满霞	王育新	张乃彤 (24)
欠平衡钻井技术在大港古潜山的研究与应用	王学义	肖松平	宾同伟	李瑞明	(28)
防斜打直钻井技术综述	李 玲	胡国清	魏海菊	桑 路	(36)
大港油田深井固井水泥浆研究					

.....	李洪俊	樊松林	宫英杰	孙勤亮	李志斌	尹 伟 (42)
大港油田水平井与侧钻水平井完井技术						

.....	徐学军	宾同伟	秦建民	齐月魁	张 恒 (51)
大港油田欠平衡完井技术适应性分析	郭志勤	张全立	韩振元	许素莉	(62)

甲酸盐钻井液体系在官 109×1 平台、滩海地区的设计与应用

.....	刘在桐	王 雷	秦建民	赵 虹	王文刚 (68)
国外降低钻井成本的新途径——套管钻井系统 ...	王 雷	王文刚	宾同伟	徐立华	(72)
保护油气层的钻井工艺技术				马 香	(79)
超细悬浮水泥浆的研究	代劲光	于永生	刘建梅	张秋红	(87)
国内外录井技术发展趋势与前沿技术	耿子友	李玲玲	刘川都	(91)	

第二部分 采 油 工 程

大港油田防砂技术现状及展望	彭 鹤	付国君	(101)		
电位法井间监测技术	张金成	王小剑	王 浩	石华荣	(117)
一种新型抽油机介绍	杨继军	柴希军	李洪山	刘延平	(129)
组合杆柱油井最大下泵深度的线性图解法	黄满良	李国韬	张 妍	(133)	
高温深层油井压裂增产技术研究与应用					

.....	程运甫	冯敬红	张胜传	陈紫薇	宗秀红 (145)
-------	-----	-----	-----	-----	-----------

DGZ 油溶性暂堵剂的研究与应用

.....	苏秀纯	王小月	李洪俊	郑淑杰	杨 勇	代礼扬	(153)
深部调剖高效延缓交联剂的研究与评价	邹小萍	于永生	王冬梅	(158)			
大港油田 $\Phi 139.7\text{mm}$ 套管开窗侧钻技术	张 恒	常 青	辛秀琴	(166)			
大港油田产能建设井身结构优化探讨	高彦香	王 雷	张乃彤	王育新	(171)		
无油管采油工艺技术研究	郭 群	薛清祥	(179)				
小直径电泵在高凝高粘油井中的研究与应用		薛清祥	(187)				

第三部分 装 备 器 材

游梁式抽油机节能机理分析和应用	董宝增	张文海	李 全	裴显革 (195)
国产套管在大港油田的应用	于成水	何卫滨	李瑞明	关 静 张 恒 (199)
软模成型工艺的研究		张俊岭	张盛严	陈国庆 (211)

第一部分

钻井工程

大港油田“九五”期间保护油气层 钻井液技术研究与应用

田增艳 黄达全 王思友 郭剑梅

(大港油田集团钻井工程公司)

摘 要 这篇技术论文阐述了大港油田在不断完善“七五”、“八五”期间已取得油层保护技术成果的同时,在“九五”期间继续探求保护油气层技术的新方法新途径。“九五”期间通过一系列的研究、攻关和推广应用工作,使大港油田的保护油气层技术从钻井、完井储层损害的机理研究,钻井液、完井液技术研究及应用等方面取得了巨大的进步,形成了适合不同区块的保护油气层钻井液体系和操作性较强的现场工艺技术。许多方面已达到国内先进水平。

主要体现在以下几个方面:一是完善了储层机理研究,进行了大港油田南、中、北区储层物性特征分析,为分区保护油气层技术采纳提供可靠的保证;二是丰富了屏蔽暂堵保护油气层技术的内容,统计了1999年、2000年大港油田南区5个油田10个断块近50口井的试验资料,试验井与邻井资料相比在井深基本相当的情况下,平均钻井周期缩短17.3%,油浸时间缩短了20.9%,井径扩大率减小了20.3%,1999年平均日产原油(与邻井相比)提高21.8%、2000年平均日产原油(与邻井相比)提高12.1%;三是低固相保护油气层钻井完井液应用取得成果,在大港油田的孔南地区、王官屯地区,根据储层特点,油层保护以及环保的要求,采用了两种低固相 K_2SO_4 /Flowzn、KCl/Polymer钻井完井液体系,并取得良好的效果,体系抑制性明显增强,试验井与邻井相比钻井液密度下降了 $0.13 \sim 0.16 g/cm^3$,钻井液的总固相含量下降了40%以上,目前已投产的3口井南103井、南102井、南101井日稳产原油 $10 \sim 20 m^3$,是邻井平均日产量的2~3倍;四是欠平衡保护油气层技术得到成功应用,根据大港油田潜山构造不同的压力系数,形成了多套不同密度的钻井液体系,这些体系在现场应用中取得明显的效果,其中板深7井、板深8井、板深4井均获得高产油流,以后相继在此构造上布井10余口,通过欠平衡保护油层措施的实施,为大港油田增储上产提供了可靠的保证。

一、储层损害机理研究

“九五”期间集团公司的重点开发区块主要分布在南区的枣园油田、王官屯油田、小集油田、自来屯油田、乌马营油田和中区的马西、马东油田、港西油田、港东油田、板桥油田等,为了确保油层保护措施得到有效发挥,笔者对这些断块的储层物性进行了详细的分析与统计,见表17和表18。

1. 潜在损害特点

一般说来,北区和中区油层的损害潜在因素是:上部和中部地层往往以水化膨胀性大的蒙脱石及其无序间层和不易水化的高岭石含量高为特点,以产生较高的水敏性和速敏性损害为主;下部则以富含高岭石、绿泥石引起的速敏、酸敏损害为特点。南区井比较浅,主要以水敏损害为主,但也存在着不同程度的速敏和酸敏损害。下面以南区为主分析敏感性损害特点。

1) 枣园油田

枣园油田主要开发孔一段枣Ⅱ—Ⅴ油组, 深度范围在 1506.7 ~ 2210.15m 之间, 绝大多数矿物组合为伊/蒙无序间层、伊利石和高岭石, 因此容易产生水敏与速敏损害, 岩心流动实验也充分证明这一点, 实验取枣 1340 井、枣 43 井, 层位为孔一段岩心, 深度在 1833.90 ~ 1930.45m 泥质胶结物平均 9.54%, 敏感性流动实验结果为: 水敏指数为 0.63 ~ 0.92, 属于中等偏强水敏, 临界流速为 0.5 ~ 1.0 mL/min, 速敏指数为 0.29 ~ 0.58 属于中等偏弱—中等速敏。

2) 王官屯油田

孔一段和孔二段均含较多的伊/蒙无序间层 (占 72%), 水敏性较强, 下部富含铁的绿泥石含量比较高, 酸敏是其损害的第二特点。流动实验结果与此判断相吻合, 实验中从地层水的渗透率到蒸馏水的渗透率下降 48% ~ 70%, 属中等偏强水敏。

3) 小集油田

主要开发枣Ⅱ—Ⅳ油组, 埋深 2775.7 ~ 3057.7m, 实验中所有样品全部含有伊/蒙有序间层, 同时枣Ⅱ—枣Ⅲ¹油组存在高岭石, 而枣Ⅲ²—Ⅳ油组基本上不含高岭石而含有大量绿泥石, 因此在枣Ⅱ—枣Ⅲ¹油组存在较强的水敏性, 而在枣Ⅲ²—Ⅳ油组则以速敏和酸敏存在为特点。

由以上分析可见, 各油田都有较强的水敏损害, 以及不同程度的酸敏和速敏。

2. 钻井液对储层造成的损害

1) 钻井完井液滤液和固相对储层的损害

(1) 钻井完井液滤液对储层的损害。

钻井完井液滤液中主要为水、非乳化油和一些表面活性剂。当滤液进入储层以后对储层损害主要表现为发生水锁、化学结垢沉淀, 以及使储层中的粘土矿物发生水化膨胀、分散、运移堵塞油流通道。水锁一方面是因为滤液的进入使储层中水的饱和度增加, 油相渗透率降低; 另一方面, 在一般情况下, 滤液均不同程度地含有乳化剂, 会对储层岩石产生一定的润湿反转, 导致水锁损害的发生; 如果滤液与储层流体不配伍, 在储层温度、压力、pH 值等条件作用下, 极易产生如 CaCO_3 、 BaSO_4 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 等沉淀物, 堵塞储层孔喉, 导致渗透率下降; 此外当滤液的矿化度低于地层水时, 滤液会使储层中的粘土矿物水化膨胀、分散、运移, 堵塞储层通道, 造成储层渗透率大幅度下降。

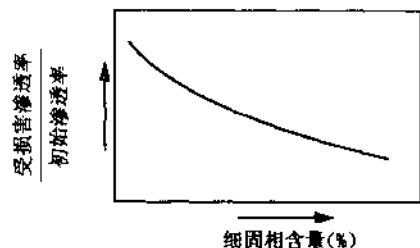


图1 钻井液中固相对地层渗透率的影响

(2) 钻井完井液固相对储层的损害。

钻井完井液中固相物质 (粘土、钻屑、加重剂及堵漏材料等) 均可能对储层造成损害。在压差的作用下, 这些非酸溶和非油性固相颗粒, 进入储层孔隙喉道堵塞油流通道, 严重影响近井壁带的渗透性, 虽然这种损害的范围较小 (井眼周围 7 ~ 9cm), 但渗透率降低值却高达 90%, 甚至可能造成永久性损害。固相对储层损害的大小, 主要取决于固相颗粒的形状、大小及性质。固相颗粒的粒径越小则侵入储层的深度愈大, 对储层的损害就愈大。固相含量越高 (特别是细颗粒的固相), 对储层的损害愈大 (见图 1)。固相颗粒对裂缝型油气层的损害就更为突出。

2) 完井作业对储层的损害

完井作业对储层损害程度的大小主要取决于以下几个方面

(1) 压差。

在压差的作用下,完井液中的滤液和固相就会渗入储层,造成固相颗粒堵塞和引起储层粘土矿物水化分散等问题。井底压差愈大,对储层的损害深度就越深,对储层渗透率的影响就更为严重。图2为储层渗透率的损害比与压差的关系。

(2) 完井作业时间。

完井作业时间越长,完井液对储层的浸泡时间相对就增加,完井液滤液及固相颗粒在压差的作用下侵入储层的数量及深度随之增加,对储层造成的损害就越大

(3) 环空流速。

高环空流速时,环空流态为紊流,井壁受到的冲刷力大,造成井径扩大,同时在重新形成泥饼的过程中,必然增加完井液滤液及固相颗粒侵入储层的量。高环空流速在环空产生循环压降,将增大完井液对井底的有效液柱压力,即增大对储层的压差。环空流速与地层损害关系见图3,井眼扩大与地层损害见图4。

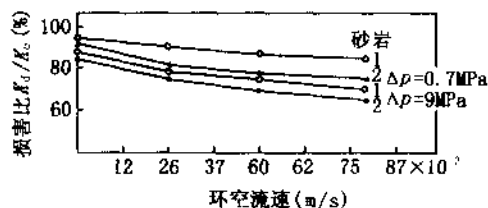


图3 地层损害与环空流速的关系

$T = 70^{\circ}\text{C}$, $t = 1\text{h}$

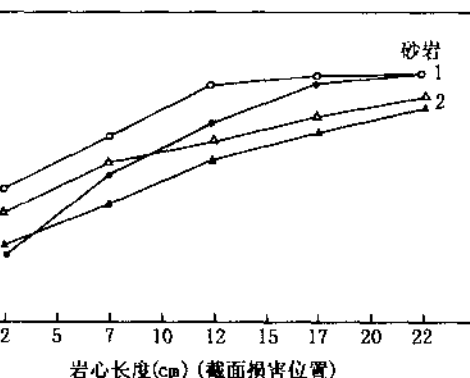


图2 地层渗透率的损害比与压差

1— $\Delta p = 0.7\text{MPa}$; 2— $\Delta p = 9\text{MPa}$;

$T = 70^{\circ}\text{C}$, $v_f = 0.8\text{m/s}$, $t = 1\text{h}$

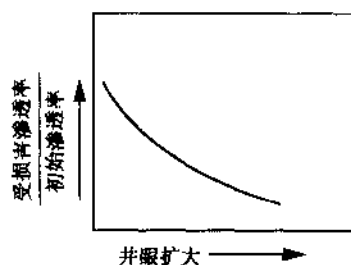


图4 井眼扩大对地层渗透率的影响

(4) 井下事故、复杂。

当井下发生卡钻事故时,无论是通过泡解卡钻井液(油)或采用套铣方法解除事故,都将破坏原形成的泥饼,增加钻井完井液固相和滤液对储层的侵入速度和数量,同时也可能改变储层特性,加大储层的损害程度;井喷不但是钻井灾难性事故,而且对储层造成严重的污染和破坏。井喷发生时,储层油气由于失去平衡高速流入井筒,导致储层坍塌、堵塞等,在处理事故时也会对储层产生进一步的污染和损害。

造成油层损害的原因是多种多样、错综复杂的,随着油藏特性与钻井过程中所采取的技术措施不同,产生的损害类型和程度也不相同。因此,必须在充分认识所钻油层损害机理的基础上,准确分析损害因素,然后在施工中有针对性地采取作业措施,才能收到保护油层的效果。

二、保护油气层钻井液完井液技术研究与应用

1. 屏蔽暂堵保护油层技术

1990年以来屏蔽暂堵保护油层技术在大港油田官104地区、枣园、长芦等油田得到广泛应用,并得到不断完善和提高,形成了适合不同区块的钻井液体系,同时针对大港油田储层特征,形成了系列的暂堵剂,分4种粒径范围:1# $5\mu\text{m}$ 、2# $4.8\mu\text{m}$ 、3# $11.6\mu\text{m}$ 、4# $14.8\mu\text{m}$,针对不同的储层,把一种、两种或三种粒径复配形成多种类型暂堵剂,对不同渗透率储层起到屏蔽作用,达到保护油气层的目的。

1) 屏蔽效果评价

大港油田东营组以下地层大部分改用硅基钻井液体系,屏蔽暂堵技术中的架桥粒子主要为细目碳酸钙、单封以及油溶树脂并配合一定量的填充粒子。对以上4种粒级的暂堵剂经过严格优选,在硅基体系内进行进一步评价,评价结果见下表1。

表1 硅基钻井液体系暂堵效果评价

岩心号	孔喉直径 (μm)	主要流通孔喉 (μm)	暂堵剂粒径 (μm)	孔隙度 (%)	K_a ($\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$)	K_o ($\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$)	K_d ($\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$)	恢复值 (%)	污染条件	
									压力 (MPa)	时间 (h)
板834-3 6#	6.53	2~10.3	1#2#范围	12.9	10.54	4.30	72	86.5	3.5	2
枣1288-3 290#	14.72	8.3~17.4	2#3#范围	25.7	148.3	25.78	20.04	85.5	3.5	2
枣111 24#	17.21	10.11~20.7	3#4#范围	26.1	43.80	11.20	8.99	80.3	3.5	2
歧109 12#	20.54	10.32~20.41	3#4#范围	18.7	22.82	5.34	4.26	79.8	3.5	2
硅基钻井液体系配方:基浆+0.3%大钾+1.5%GWJ+1.5%GX+3%SMP+2%GHm+3%细目 CaCO_3										
板834-3 10#	6.44			14.4	11.50	4.76	2.09	43.9	3.5	2
枣1288-3 293#	14.02			28.7	98.44	30.70	17.13	55.8	3.5	2
枣111 29#	17.59			31.5	49.30	15.20	9.32	61.3	3.5	2
歧109 15#	21.53			17.9	22.45	4.38	2.64	60.3	3.5	2
硅基钻井液体系配方:基浆+0.3%大钾+1.5%GWJ+1.5%GX+3%SMP+2%GHm										

注: K_a —空气渗透率; K_o —油相渗透率; K_d —污染后油相渗透率。

从硅基体系暂堵剂评价效果来看,选用不同孔喉直径的岩心,与相应暂堵剂粒径匹配,渗透率恢复值提高了近28个百分点,平均值达到了83.03%,具有良好的油气层保护效果。

2) 现场推广应用情况

(1) 1999~2000年现场推广综合效益对比。

针对 1999~2000 年所有的开发区块进行了配套技术推广, 仅统计了南区五个油田王官屯油田、自来屯油田、枣园油田、小集油田、舍女寺油田的 10 余个断块的推广井应用情况, 从总体分析不难看出, 通过油气层屏蔽暂堵技术的实施, 缩短了钻井周期, 减少了油层浸泡时间, 减少了井径扩大率见表 2。

表 2 综合效益对比结果

断 块	平均井深 (m)		平均钻井周期 (d)		平均扩大率 (%)		油浸 (h)		事故复杂 (h)	
	推广井	邻井	推广井	邻井	推广井	邻井	推广井	邻井	推广井	邻井
E 27	3077.0	3057.0	36.3	47.0	8.18	9.03	145.6	250.5	12.7	27.0
枣 2303	2173.0	2195.0	23.1	24.5	6.60	7.42	258.6	321.6	4.0	9.8
官 161	3612.0	3596.0	42.3	42.7	11.10	15.34	395.0	543.0	41.0	34.0
平均值	2954.0	2949.0	33.9	38.1	8.44	10.60	266.2	371.1	19.2	23.6
1999 年对比结果	基本相等		-11%		-20%		-28.3%		-19.6%	
官 104 断块	2839.6	2787.5	28.5	32.5	5.91	9.65	213.0	211.2	6.11	
枣 40 断块	2650.0	2701.6	28.5	31.1	6.55	8.60	219.0	232.0		
枣 127 断块	2155.0	2163.2	15.5	34.9	8.46	7.44	121.6	198.0		
女 20 断块	3142.5	3149.0	30.5	29.3	10.13	11.50	205.0	244.0		
女 12 断块	2983.6	2971.0	23.0	36.6	9.00	13.90	196.5	208.8		5.60
自 23-18 断块	2366.4	2276.2	16.0	21.2	6.36	7.15	190.1	230.0		5.60
平均值	2689.5	2674.8	23.6	30.9	7.74	9.74	190.8	220.6		
2000 年对比结果	基本相等		-23.6%		-20.5%		-13.5%			
总平均	基本相当		-17.3%		-20.3%		-20.9%			

通过相同断块对比结果分析, 在井深相当的情况下, 平均钻井周期缩短了 17.3%, 井径扩大率降低了 20.3%, 油浸时间缩短了 20.9%, 事故复杂时间大大降低, 取得了良好的社会效益。

(2) 1999~2000 年试油结果对比分析见表 3。

表 3 试油对比结果

断 块	推广井	日产量 (t/d)	邻 井	日产量 (t/d)	对比结果
E 官屯油田 E 27 断块	官 84-51	1.35	官 85-53	5.61	1999 年试验 井与邻井试油 结果相比, 日 产原油提高 21.8%
	官 85-43	7.12	官 85-51	2.30	
自来屯油田 枣 2303 断块	自 17-18	8.58	自 17-12	2.18	
	自 15-12	3.65	自 19-14	2.57	
	自 21-12	7.92	自 19-16	5.85	
	自 19-18	1.43	自 21-14	5.76	
小集油田官 161 断块	小 11-17-1	1.98	小 13-19-1	1.45	
	小 13-17-1	4.12	小 12-19-1	4.02	

续表

断 块	推广井	日产量 (t/d)	邻 井	日产量 (t/d)	对比结果
官 104 断块	官 74-34-2	4.52	官 78-26	4.30	2000 年试验井 与邻井试油结果 相比, 日产原油 提高 12.1%
	官 80-26-2	8.32	官 78-28	3.40	
	官 76-18-1	10.84	官 78-11	10.00	
自 23-18 断块	自 19-20	4.79	自 17-18	8.58	
	自 23-20	4.76	自 19-18	0.54	
	自 17-20	10.09	自 21-12	7.92	
	自 23-16	8.49			
女 12 断块	女 K60-48	45.00	女 K59-58	5.02	
	女 K60-44	22.50	女 K59-56	38.90	
	女 K58-60	8.58	女 K58-58	17.20	
枣 1270 断块	枣 1270-31	8.64	枣 1270-5	5.82	
	枣 1270-35	15.00	枣 1272-3	27.00	
	—	—	枣 1269	6.46	

从试油结果对比分析, 通过屏蔽暂堵保护油层技术的实施, 提高了油井产能, 连续两年平均提高了 16.95%, 达到了保护油气层的目的。

2. 低固相钻井液技术的研究与应用

低固相保护油气层钻井液体系作为保护油层体系, 在大港油田取得广泛应用, 这种体系以其固相含量低, 减少了固相颗粒侵入油层, 起到保护油层的作用, 主要在大港油田的孔南、王官屯等油田应用。

1) K_2SO_4 /Flowzan 钻井液体系

体系的组成: K_2SO_4 + Flowzan + Drispac + CSW-1 + Na_2SO_3 。

(1) K_2SO_4 盐聚合物体系室内评价。

对 K_2SO_4 盐聚合物抗温性、抑制性进行了室内评价, 评价结果见表 4 和表 5。

表 4 K_2SO_4 盐聚合物钻井液体系

密度 (g/cm ³)	粘度 (s)	中压失水 (mL/mm)	pH	GEL (Pa/Pa)	AV (mPa·s)	PV (mPa·s)	YP (Pa)	实验条件
1# : 1.02 基浆 + 0.3% Flowzan + 0.5% Drispac + 3% Soltex + 4% K_2SO_4 + 0.2% CSW-1 加重								
1.16	29	10.8/0.5	9	3.5/5	29.5	17	12.5	常温
1.16	25	10.0/0.5	7	3.5/5	24.0	13	11.0	120℃ × 16h

(2) K_2SO_4 /Flowzan 钻井液抑制性评价。

表 5 K_2SO_4 /Flowzan 钻井液体系抑制性评价

配 方	回收率 (%)	岩 心	实验条件
清 水	17.5	L29-3 Es ₃	120℃ × 16h
	50.8	1.90 Es ₃	

续表

配 方	回收率 (%)	岩 心	实验条件
1#：1.02 基浆 + 0.3% Flowzan + 0.5% Drispac + 3% Soltex + 4% K ₂ SO ₄ + 0.2% CSW - 1 加重	74	1.29 - 3 Es ₃	120℃ × 16h
	92	1.90 Es ₃	

通过表 4、表 5 分析, 该体系抗温 120℃ 有较好的流变性, 且抑制性能良好, 与清水回收率相比由 17.5% 提高到 74% 和由 50.8% 提高到 92%。

(3) K₂SO₄/Flowzan 钻井液体系油层保护效果评价。

室内采用王 12 井 45# 岩心 (孔隙度 18.14%、空气渗透率 $42.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$), 进行了保护油层评价, 评价结果见表 6。

表 6 保护油气层渗透率恢复值评价

配 方	污染前 K_0 ($\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)	污染后 K_d ($\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)	恢复值 (%)	截长 (cm)	截后 K_{eff} ($\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)	恢复值 (%)	实验条件	
							温度 (℃)	压力 (MPa)
1#：1.02 基浆 + 0.3% Flowzan + 0.5% Drispac + 3% Soltex + 4% K ₂ SO ₄ + 0.2% CSW - 1 加重	16.4	15.2	82.7	1.5	16.33	99.57	110	3.5

体系具有良好的油层保护效果, 渗透率恢复值达 82.7%, 截去 1.5cm 后渗透率恢复值近 100%。

(4) 现场应用。

该体系在孔南区块应用 5 口井, 取得了明显的效果, 综合评价分析见表 7。

表 7 现场应用情况分析

井号	井深 (m)	钻井液类型	平均机械 钻速 (m/h)	钻井液密度 (g/cm ³)	中压失水 (mL)	固相 含量 (%)	排量 (L/s)
南 103	2700~3600	K ₂ SO ₄ 聚合物	7.08	1.05~1.14	11~17	4.5~9	20~22
南 102	2700~3620	K ₂ SO ₄ 聚合物	7.01	1.07~1.14	12~18	5.0~10	20~22
南 101	2703~3580	K ₂ SO ₄ 聚合物	7.90	1.07~1.12	8~16	8.00~9	20~22
南 201	374~3662	K ₂ SO ₄ 聚合物	9.44	1.07~1.31	9~11	7.0~15	20~22
南 501	374~3662	K ₂ SO ₄ 聚合物	9.44	1.07~1.14	9.0~11.0	7.0~12	20~22
段 35—56	1715~3525	抑制性	5.57	1.17~1.27	4.0~5.5	8.0~16	28~30
段 36—55	1872~3565	抑制性	5.17	1.17~1.27	4.0~6.0	7.0~17	28~30
段 35—54	1818~3572	抑制性	6.31	1.17~1.30	4.0~6.0	8.0~18	28~30

现场应用结果表明: 保护油层效果与邻井抑制性钻井液体系相比, 钻井液密度下降 $0.13 \sim 0.16 \text{g/cm}^3$; 抑制性增强; 钻井液 API 滤失量控制范围较宽; 平均机械钻速显著提

高,平均提高了 2.174m/h ;钻井液总固相含量下降了40%以上,5口井均有较好的油气显示,目前已投产的南103、南102井、南101井每日稳产原油 $10\sim 20\text{m}^3$,是同类邻井平均日产量的2~3倍。

2) KCl盐聚合物钻井液体系

基本配方:0.3%~0.4%SK-1+2%~3%SMP+2%SAS+0.3%~0.4%XY-27+1%~3%KCl

大港油田孔店地区压力系数为1.00~1.20,明化镇为砂岩泥岩互层,孔店组及中生界为泥岩夹砂岩,泥岩岩性好,地层硬。下部二叠系储层岩石含泥质较多,储层敏感性试验评价,渗透率从地层水渗透率到蒸馏水渗透率下降了64%,属于中等偏强水敏,由于该地区保护油气层对固相、低密度要求严格且强抑制性,因此采取了钾盐聚合物钻井液体系,室内对体系性能及保护油层措施进行了评价,评价结果见表8和表9。

表8 KCl盐聚合物钻井液体系性能评价

密度 (g/cm^3)	粘度 (s)	中压失水 (mL/turn)	pH	GEL (Pa/Pa)	AV ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	PV ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	YP (Pa)	实验条件
0.3%SK-1+2%SMP+2%SAS+0.3%XY-27+2%KCl								
1.03	32	8.8/0.2	8	2.0/5	21.5	17.0	4.5	常温
1.03	23	9.8/0.2	8	1.5/3	12.0	9.5	3.5	$120^\circ\text{C}\times 8\text{h}$

表9 KCl盐聚合物钻井液体系渗透率恢复值效果评价

岩心号	孔隙度 (%)	K_a ($\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$)	K_{a1} ($\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$)	K_{a2} ($\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$)	恢复值 (%)	污染条件			
						压力 (MPa)	时间 (h)	剪切速率 (s^{-1})	实验温度 ($^\circ\text{C}$)
Z118 11#	17.2	18.3	11.55	10.19	88.2	3.5	2	200	90
Z118 18#	19.8	20.8	10.43	8.50	81.5	3.5	2	200	90
0.3%SK-1+2%SMP+2%SAS+0.3%XY-27+2%KCl+暂堵剂									

(1) 体系流变性能、油层保护效果评价。

通过表8和表9分析,KCl聚合物钻井液体系能抗温 120°C ,仍有较好的流变性,且在高温动态污染的条件下渗透率恢复值达到80%以上,表明体系具有良好的保护油气层的特点。

(2) 现场应用情况分析。

根据孔店地区的地质分析,先后在孔古5井、孔古6井进行了现场试验,并收到了明显的效果,表10为现场应用情况,统计了试验井与邻井孔古1、孔古3的对比分析。

表10 孔古地区现场应用统计分析

井号	井深 (m)	钻井周期 (d)	钻井液类型	平均机械 钻速 (m/h)	储层钻井 液密度 (g/cm^3)	中压失水 (mL)	膨润土含量 (%)	平均渗透 率恢复值 (%)
孔古5	3700	107	钾盐聚合物	4.57	1.07	4.8	2.71	81.34
孔古6	2402	74	钾盐聚合物	4.43	1.06	5.0	2.4	84.57