

中国油气钻采新技术 高级研讨会论文集

苏义脑 刘 扬 刘永建 高德利 ©主编

石油工业出版社

中国油气钻采新技术 高级研讨会论文集

苏义脑 刘 扬 刘永建 高德利 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是由中国石油学会、大庆石油学院主办,大庆油田力神泵业有限公司协办的中国油气钻采新技术高级研讨会论文集。全书共选收论文 107 篇,主要反映近年来钻井和采油方面出现的新技术和新工艺,内容包括钻井、完井工艺和工具,酸化、压裂基础理论和工艺技术,提高原油采收率方面的基础理论和新技术。

本书可供有关专业科研人员和教学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国油气钻采新技术高级研讨会论文集/苏义脑等主编.
北京:石油工业出版社,2006. 12
ISBN 978-7-5021-5745-6

I. 中...

II. ①苏... ②刘...

III. ①油气钻井-新技术-学术会议-文集

②石油开采-新技术-学术会议-文集

IV. ①TE2-53 ②TE3-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 113192 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

发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店

排 版:北京乘设伟业科技排版中心

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷

880×1230 毫米 开本:1/16 印张:39

字数:1202 千字 印数:1—800 册

定价:128.00 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

《中国油气钻采新技术高级研讨会论文集》

编 委 会

主 编：苏义脑 刘 扬 刘永建 高德利

副主编：任玉林 刘喜林 刘 合 杨元建

编 委：崔海清 闫 铁 魏顶民 陈涛平 刘义坤

孙玉学 吴文祥 艾 池 潘卫国 刘修善

郑俊德 王克亮 李士斌 赵春森

前 言

由中国石油学会和大庆石油学院主办,大庆油田力神泵业有限公司协办的“中国油气钻采新技术高级研讨会”于2006年4月22—26日在河北省秦皇岛市召开。

本次研讨会以立足中国、放眼世界、资源共享、促进交流、共同发展为宗旨,广泛交流了近年来我国石油天然气钻井与采油方面所取得的新成果,深入研讨了我国石油钻采关键技术、“瓶颈”技术与前沿技术,特别是自主创新的高新技术。会议以其新颖的课题、独特的风格、丰富的内容和高尚的品位把研讨、交流融为一体,反映了我国钻采技术的最新进展,扩大了科技人员之间的交流与合作,促进了钻采工程技术的进一步发展,是钻采工程界技术交流的一次难得盛会。

本届研讨会共收到论文180篇,经研究审核,现收录107篇,内容包括:油气井钻井与完井前沿性理论与技术、特殊井新工艺新技术、采油采气新工艺新技术、提高采收率新技术、增产增注新技术以及其他相关领域。这些学术论文思想新颖、实用性强,可供广大科技、教学人员参考。

中国油气钻采新技术高级研讨会的顺利召开和本论文集的出版得到了钻采工程界有关领导、专家和科技人员的热心支持,在此谨向他们表示衷心感谢!

本论文集由于时间紧,水平有限,错漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编委会

2006年9月

目 录

钻井工程部分

“双保”防塌润滑钻井液的研究及在大斜度定向井中的应用	黄维安 邱正松 吕开河等(3)
川渝地区超深井钻井技术难点分析及对策探讨	邹 强 陈晓彬 陈 立等(10)
大牛地气田长裸眼一次上返全封固固井工艺技术研究与应用	巢贵业(14)
大庆朝阳沟油田地应力测试研究	李士斌 荆 玲(18)
杜 84 - 馆平 11 井完井管柱下入能力分析	李士斌 张立刚 王 斌(23)
多羟基聚合物钻井液研制及应用	吕开河 邱正松 韩立国(26)
复杂断块油田水平井、分支井钻井完井技术	李祥银 杨景中 白亮清等(30)
吉林油田浅层定向井、浅层水平井举升工艺技术	高淑萍 李兴科 刘长宇等(38)
吉林油田浅层水平井固井技术研究与应用	龚柏顺 冯水山 周文彬等(46)
吉林油田浅层水平井钻井研究与实践	张嵇南 何 军(52)
吉林油田套管钻井配套技术	王 力 郑万江 张继锋等(58)
吉林油田延长油井免修期配套技术研究与应用	于国栋 付 丽 黎政权等(63)
甲酸盐—正电聚醇钻井液体系在渤海湾地区的研究与应用	冯海平 张英勇 王友兵等(70)
辽河油田超稠油 SAGD“勺”型水平井钻井技术	尹红辉 王学俭(77)
流体测井解释技术在调整井钻井中的应用	王广仁 何礼君 宗 欣(85)
膨胀管膨胀过程数值模拟研究	秦永和 付胜利 高德利(92)
欠平衡钻井井底压力研究的新进展	周英操 刘永贵 鹿志文(100)
塔里木油田超深双台阶水平井钻井技术	孙吉军 李 宁 彭晓刚等(107)
塔里木油田台盆区长裸眼、长封固段固井技术	段永贤 秦宏德 孙吉军等(111)
兴隆 1 井欠平衡钻井技术应用	田茂法 王益山 李立昌等(115)
徐深气田深井提速配套技术试验与效果	张书瑞 吕长文 吕振环等(120)
张海 502FH 井大位移、水平井钻井技术	王俊明 周明信 沙 东等(126)
重复压裂地层起裂应力场模拟	陈要辉 闫 铁 程怀标等(136)
钻井上返岩屑块度分形表示岩石可钻性方法	李士斌 阎 铁 李 玮(141)

采油工程部分

气举采油系统效率评价研究	焦国胜(149)
LH-1 高强度固砂剂的研制与应用	吴洪举(154)
表面活性剂改善低渗油藏注水开发效果研究	樊社民 张润芳 皇甫海权(159)
侧钻出砂井分层注汽配套工艺技术研究 with 试验	曲绍刚 冉建立(163)
层内生气单井吞吐技术研究	张国萍 陈永浩 肖 良等(166)
充气本泡沫酸解堵技术研究与应用	孙建华 吴信荣 党丽敏等(171)
抽油机井系统效率敏感性分析及其应用	郭吉民 张建军(178)
稠油藏防汽窜技术在锦州油田的研究与应用	郭振鹏(191)
稠油冷采配套技术在深西稠油油藏的应用	付亚荣 刘春平 马永忠等(195)
出砂油井强制排砂及携砂采油技术	梁 兴 高 兰 钟新兰等(202)
储层解堵工艺在欢西油田的应用	陈秋萍(206)

氮气泡沫调堵技术的应用	高海涛 史江恒 赵国瑜等(215)
氮气泡沫驱地面工程与采油工艺配套技术	崔洪志(220)
氮气助排技术在稠油蒸汽吞吐热采中的应用	葛东文(227)
等干度分配及注汽参数实时监测、传输系统研制及在油田的应用	孙 勇(232)
地面驱动螺杆泵斜井工艺试验及应用	彭丙军 孙成林 李培培等(236)
辽河油田杜 66 区块火烧物理模拟试验	张成军 朱玉瑰 陈亚平(243)
二氧化碳三元复合吞吐采油技术	刘 恒(251)
浮环泵采油技术在水平井成功应用	魏 波(256)
高强度席形过滤网防砂筛管的研制与应用	王德伟(258)
高温、低渗透裂缝性储层调剖技术的研究与应用	姚奕明 路群祥 余 倩(264)
高温油藏可动凝胶复合调驱技术的研究与应用	王秀平 游 靖 景荣华等(269)
高压分注与分层降压增注工艺的研究与应用	陈宗林 焦国胜 黄学宾等(278)
硅酸类无机堵剂综述	刘 巍(288)
国内防腐油管的发展状况	史永庆 杨国光(294)
化学防砂技术在锦州油田的开发与应用	徐立清 曾从荣 乔文彪等(296)
基于酸性表面活性剂—生物酶体系的油井解堵工艺	付亚荣 刘春平 马永忠等(300)
冀东油田复杂结构井完井技术研究与应	李建强 张立民 宋显民等(304)
聚合物驱后提高采收率技术研究	赵福麟 王业飞 戴彩丽等(310)
连续油管在油气开采中的应用	蒋海军 李宗田 苏建政等(318)
辽河油田综合防砂、排砂工艺技术	吕 氏(326)
普通稠油油藏蒸汽吞吐末期交替注采(注水)提高采收率技术	张德海(334)
气体推进成缝技术在塔里木油田深井、超深井中的应用	高运宗 钟家维 党永彬等(340)
轻质油田注空气提高采收率技术研究	王杰祥 任韶然 来轩昂等(351)
深调浅堵工艺技术在稠油油藏中的应用	王喜光 陈 亮 索宝辉等(360)
生物工程技术提高原油采收率的应用研究	赵 力 金艳方 康万利(363)
声波—化学辅助蒸汽吞吐技术在欢西稠油中的应用	阮宏伟(369)
实施精细注水, 锦 150 块中生界油层成功实现注水开发	李 青(373)
涡流振荡降粘防蜡	张建国 王 峰 朱继东等(380)
小井眼沉砂抽油泵的研制与应用	刘秀兰(385)
新型的油管、抽油杆标识及逐根跟踪管理技术研究及应用	丁建东 石惠宁 张建军等(389)
新型深井阳极技术在塔里木油田的应用	高运宗 董训长 蒋余巍等(400)
压力脉冲复合化学解堵的研究	楚子星 张建国 侯治民等(408)
应用多功能阀提高深井泵效	杨先克(412)
应用螺杆泵采油技术延长稠油蒸汽吞吐采油周期	崔玉泉(418)
油田清洁修井技术的研究与应用	韩 力(421)
张店高凝油油田注水井增注技术研究	周 晔 安 龙 司玉梅等(426)
中原油田套管损坏治理技术进展	王木乐 陈书庆 宋胜利等(433)
水平井冲砂工艺技术研究	刘秀平(439)
AOC 特种合金抽油泵的研制及应用	胡爱君 张庚娟 黄锦滨(445)
ZLW 型称重式新型油井计量装置的研究与应用	高运宗 陆 伟 蒋余巍等(449)
稠油井注采一次管柱工艺研究与应用	张海波 韩 松(456)
磁采油技术的原理和应用	王晓华 杨文军 徐金龙(462)
地面驱动螺杆泵采油系统防反转装置评价	左少权 彭美华(467)
轮南油田油套管腐蚀机理研究及控制方案初探	高运宗 董训长 陈 薇等(471)
气体推进成缝增产技术的研究及应用	范永洪 郑油路(480)

塔里木油田双台阶水平井吸水剖面测试试验	高运宗 陈 薇 蒋余巍等(485)
中高气油比抽油井提高抽汲效果技术的应用	李振智(490)
不动管柱压裂及排液求产工艺与现场试验	戴 江 李子丰 于振东等(495)
氮气气举排液采油技术的应用	马春波(500)
地化热解及气相色谱分析技术在宋芳屯油田的应用研究	范彩匣 薛东旺 郭军涛(503)
电磁技术在油田杆管无损检测中的应用研究	谭多鸿 郑承明(507)
多脉冲加载压裂技术在水井中的应用研究	王显荣(512)
隔热管真空度测试技术研究	刘 威 许宝燕 徐遵义等(518)
裂缝性火山粗面岩油藏水平井开发综合技术研究与应用	赵立文 狄富春 常 斌等(521)
聚合物溶液的弹性粘度对驱油速度的影响	郑晓松 吴 威 曾 艳等(526)
聚能等流速多段塞提高非均质地层采收率方法	刘春天 韩修廷 盖德林(531)
聚合物驱跟踪调整技术措施优化设计方法研究	皮彦夫 刘 丽 邓庆军等(536)
空气动力反循环抽砂技术	周俊然 蒋海涛 王益山等(540)
利用综合配套技术实现锦 94 块高产稳产	冯 力 陈秋萍(544)
高温低渗复杂断块油藏耐温抗盐调驱体系的研究与应用	肖 良 杨昌华 郭新军等(547)
复合气举排水采气工艺在华北油田深井、超深井潜山气藏的应用	刘 东 石惠宁 张建军等(552)
疏松砂岩油藏防砂工艺技术研究	吴志勇(562)
水平井环空分段压裂工艺技术	王 峰 张晓光 张应安等(568)
物理采油新技术研究现状及展望	刘俊海 陈小宏(573)
车载移动式制氮注氮装置在油田开采中的应用	刘东菊(579)
冀中坳陷盆 39 断块剩余油分布及开采对策研究	崔树清 韩贵金 贾忠杰(584)
注水井防喷作业技术在吉林油田的应用	于国栋 刘长宇 韩永恒等(588)
钻关对套管损坏的影响探讨	杜若霞(593)
压裂液返排流动室内模拟试验研究	王克亮 刘海波 尹旭东(596)
抽油泵柱塞开口阀罩断裂原因分析及国内外常用应对方法	王志明 董贺茹 韦 芳等(601)
关于杆管偏磨的原因分析	李广明 韦 芳 于长华(605)
螺杆泵杆管偏磨防治技术研究	李广明 韦 芳 于长华(610)

钻井工程部分

“双保”防塌润滑钻井液的研究及 在大斜度定向井中的应用

黄维安 邱正松 吕开河 徐加放 王在明

[中国石油大学(华东)]

摘 要 随着当代油气勘探开发技术的不断进步和工程技术环保要求的日趋严格,迫切需要进行钻井液防塌性能、油层保护与环境保护的协同研究。江苏油田定向井、水平井比例多达 85% 以上(最深达 4500 多米),地质条件极为复杂,地层岩性、水敏性强,钻进过程中井壁易失稳,并且该油田区块面积小,储层物性差,油气层压力系数大都小于 1.0,渗透率低,水敏性强。若不采取有效的油气层保护措施,钻井液极易对油气层造成伤害。另外,江苏油田地处水乡黄金农业区,江河湖泊纵横、地下水浅、雨季多,自然环境极易受钻井施工过程中所产生的钻屑及钻井液等废弃物的污染。本文针对江苏油田地层特点和地面生态环境的具体情况,开展了钻井液防塌性能、润滑性能、油层保护与环境保护的协同研究。在江苏油田现有处理剂及体系的环境可接受性分析的基础上,研制和筛选能满足环境保护需要的钻井液处理剂,如润滑剂、降滤失剂、页岩抑制剂、防塌剂和油气层保护剂等,再通过配方优化研制出了“双保”防塌润滑钻井液体系(“双保”即油层保护和环境保护)。室内评价结果表明,该钻井液体系润滑性好,页岩抑制性、抗劣土污染能力强,油层保护效果良好。在江苏油田 AF 地区的现场试验结果表明,该钻井液体系抑制防塌性能好,性能易控制,油气层保护效果好,各项环境指标达到农用污染控制标准,可直接排放,从源头控制了钻井液的污染。

关键词 “双保”钻井液 润滑性 防塌 油层保护 环境保护 江苏油田

1 “双保”钻井液的室内研究

1.1 润滑剂的研选

常用的钻井液润滑剂含有大量矿物油或沥青等高毒性、难生物降解的物质,难以满足环保要求,为此,室内研制了一种新型的环境无害化钻井液润滑剂 SDRH-2。润滑剂 SDRH-2 属于聚多元醇类润滑剂,由烯醇类单体和乙二醇类单体在一定条件下聚合而成,主要官能团为众多的羟基基团,并有少量的其他官能团,符合环境无害化要求。使用时,当温度超过 SDRH-2 浊点时,SDRH-2 析出,成为类似油的疏水液体,这种疏水液体吸附在钻屑和钻杆表面,改善钻井液体系的润滑性能,并提高抑制页岩膨胀的能力,同时起到防塌润滑作用。而且,聚多元醇在地层岩石表面形成憎水薄膜,可阻止滤失水进入地层,也有保护油气层的效果。从表 1 可以看出,与 KD21、机油和原油相比,SDRH-2 的润滑性最好,在 3.0% 加量下泥饼的摩阻系数可以降低到 0.1 以下,降低率 54.7%,润滑性能良好,而且 SDRH-2 还有一定的降滤失效果。

表 1 防塌润滑剂 SDRH-2 与 KD21、机油和原油性能比较

加入量	FL, mL	摩阻系数	摩阻系数降低率, %
0% SDRH-2	23.0	0.2125	—
1% SDRH-2	20.0	0.1405	33.9
2% SDRH-2	18.0	0.1228	42.2
3% SDRH-2	17.5	0.0963	54.7
5% SDRH-2	17.0	0.0875	58.8
3% KD21	21.0	0.1020	48.0
3% 机油	17.0	0.1228	57.8
5% 原油	15.0	0.0963	45.3

注:基浆为 AFP1 井 1000m 井浆。

1.2 油气层保护剂的研制

室内研制出了新一代多功能环保型无荧光油层保护剂 SD-301 和 SD-302 产品。该系列产品属于聚合醇类改性产品,克服了常规聚合醇产品的起泡、增稠等问题,具有强抑制性防塌、润滑和保护油层的作用,并且在自然条件下易于降解,有利于环境保护,属于目前比较理想的双保(油层保护、环境保护)钻井液添加剂,特别适用于在环保要求苛刻的江苏油田实施钻井过程的保护油气层技术。该系列产品的油层保护机理可分为以下几个方面:

(1) 油点效应:即在常温下可完全溶于水,当井下温度超过一定范围之后,其分子便聚集形成乳状颗粒,在井眼压力作用下封堵井壁缝隙。一方面,在井壁上形成渗透率较低的“软堵”型屏蔽暂堵带,阻止了钻井液固相和液相的侵入;另一方面,由于聚合醇乳滴阻止或减缓压力传递和流体侵入,可大大提高井壁物理化学—力学稳定性,同时使钻井液润滑性大为改善。

(2) 活度效应:由于分子中含有大量的氧原子,能与水分子形成氢键,从而降低了钻井液水活度,钻井液滤液化学位低于地层水的化学位,在一定程度上阻止了自由水向地层中的运移,减少了储层粘土水化膨胀的诱因——钻井液滤液。

(3) 吸附机理:由于该种聚合醇完全水溶,即使一部分钻井液滤液侵入储层孔隙,由于聚合醇分子含有大量的氧原子,可通过氢键与自由水分子竞争吸附在粘土颗粒表面,阻止了粘土颗粒与自由水分子的相互作用。

(4) 降解作用:由于聚合醇主要分子结构是醚键相连的碳原子长链,很容易降解。在油层温度和环境经过一定时间可以自行分解,仅靠返排作用就可投产,恢复储层渗透率。

1.3 主聚合物优选

根据江苏油田地质特性,初选 PMHA-II、FA368、FA367、PAC141 几种不同种类的高聚物包被剂作主聚合物,考察流变性能及滤失性能。在 4% 膨润土浆中加入不同浓度的 PMHA-II,测其流变性,并与相同加量的 PAC141、FA367、FA368 等进行比较(见表 2),结果表明,PMHA-II 具有较好的提粘切能力,与相同加量的其他主聚合物相比,经 PMHA-II 处理后的钻井液具有适中的塑性粘度、较高的动切力和动塑比,以及较低的水眼粘度,并且 PMHA-II 的降滤失能力也比其他几种主聚合物好。

表 2 几种主聚合物的流变性及滤失性评价结果

序号	配 方	AV,mPa·s	PV,mPa·s	YP,Pa	YP/PV	n	K,Pa·s	η_{sp} ,mPa·s	FL,mL
1 [#]	4% 膨润土浆	21.0	9.0	12.0	1.30	0.35	1.87	4.05	4.0
2 [#]	1 [#] +0.2% PMHA-II	39.5	18.0	21.5	1.20	0.37	3.1	6.30	12.0
3 [#]	1 [#] +0.2% PAC141	24.0	14.0	10.0	0.70	0.50	0.75	9.40	11.0
4 [#]	1 [#] +0.2% FA368	31.5	21.0	10.5	0.50	0.58	0.57	13.20	13.0
5 [#]	1 [#] +0.2% FA367	34.0	26.0	12.0	0.46	0.70	0.27	12.50	13.5

另外,在膨润土浆和井浆中分别加入一定量的 PMHA-II 后,钻井液的结构粘度都急剧上升,表现为钻井液的静切力急剧增大,且在短时间内,静切力增加到一个较大值,以后随着时间的延长,静切力增加缓慢(见表 3)。这一特性十分类似于正电胶钻井液。

表 3 PMHA-II 对钻井液静切力的影响

配 方	10s	1min	5min	10min	15min	20min	25min
4% 膨润土浆	1.0	2.0	2.5	2.5	3.0	3.0	—
4% 膨润土浆+0.3% PMHA-II	9.0	10.5	17.0	17.0	17.0	17.0	—
4% 膨润土浆+0.3% MSF	—	—	2.5	6.0	6.5	7.0	—
井浆(兴古 1)	1.5	2.0	6.0	7.5	9.0	10.5	13.0
井浆+0.5% MSF	3.5	7.5	15.0	20.0	22.5	25.0	27.0
井浆+0.5% PMHA-II	2.5	4.0	8.0	11.0	12.0	13.0	15.0

根据试验结果,优选出主聚合物为 PMHA - II,PMHA - II 既具有两性离子聚合物特性又具有正电胶特性。

1.4 包被抑制剂的优选

江苏油田苏北地区上部三垛组泥岩易吸水膨胀、分散,而下部以阜宁组为代表的泥页岩易吸水掉块跨塌,在钻井过程中时常出现缩径、起下钻拔活塞、下钻遇阻、大段划眼等复杂情况。室内优选出的 Coater 乳液具有较大的相对分子质量,能有效地将岩屑包被好,有利于机械设备将钻屑清除,提高了钻井液体系的抑制性,较好地解决了蒙脱石含量高的泥岩与强水敏性泥岩的水化分散,有利于实现低固相和低膨润土含量。

Coater 的作用机理为:Coater 乳液具有较大的相对分子质量,一般在 1000 万~1500 万,而常规抑制剂的相对分子质量一般在 300 万~500 万之间。该产品为乳液溶解速度快,一旦加入钻井液 2min 便可完全溶解,在钻井液中通过多点吸附于岩屑表面,因其相对分子质量大,加之引入了一定比例正电基团,所以吸附能力强,更能有效地将岩屑包被好,有利设备将钻屑清除,实现钻井液的低固相和钻井液的稳定。另外,该聚合物分子链长、吸附性强,能在井壁形成聚合物的水合物吸附层,阻止泥浆水进入地层,进而达到稳定井壁和保护储层的效果。

1.5 防塌抑制剂优选

室内对 SD - 202、OSAM - K、FT - 1、SD - 301 和 SD - 302 几种防塌抑制剂进行筛选,对其水溶液的页岩回收率进行考察,聚合醇类产品 SD - 301 的抑制效果较好,页岩回收提高率达到 85.7% (见表 4)。另外,聚合醇类防塌剂颜色外观比改性褐煤的要好,其环保性能也要好得多,所以最后选择 SD - 301 作防塌抑制剂。

表 4 几种防塌抑制剂对阜四段岩屑回收率

试 液	页岩回收率, % (80℃/16h)	页岩回收提高率, %	高温高压膨胀率, % (120℃)
自来水	9.92	—	89
2% SD - 202	13.9	40.1	56
2% OSAM - K	12.64	27.4	62
2% FT - 1	7.12	-28.2	58
2% SD - 302	12.96	30.65	45
2% SD - 301	18.42	85.7	36

1.6 降滤失剂优选

目前所使用的降滤失剂主要有 Na - HPAN、NH₄ - HPAN、JT888、SMP 和 LV - CMC 等,对它们降滤失效果进行比较,试验结果如表 5 所示,SMP 和 JT888 的高温高压降滤失性能较好,但 JT888 有微荧光,SMP 不利于环保;NH₄ - HPAN 虽然高温高压降滤失性能略差,但其环保性能好,材料易得,价格便宜,且分解出的 NH₄⁺ 有利于增加土壤肥效,又能满足现场要求,所以最终选择 NH₄ - HPAN 作为本体系的降滤失剂。

表 5 降滤失剂评价结果

序号	配 方	AV mPa · s	PV mPa · s	YP Pa	GEL Pa/Pa	FL mL	FL _{HTHP} mL
1	基 浆	17.5	11	6.5	1/6.5	14.5	33
2	基浆 + 0.8% JT888	34	23	11	1.5/6	12	21
3	基浆 + 0.8% NH ₄ - HPAN	25	20	5.5	1/2.5	10.5	30
4	基浆 + 0.8% Na - HPAN	26	19	6	1.5/3.5	9.5	27
5	基浆 + 0.8% SMP	11.5	9	2.5	0.5/1.5	13.5	17
6	基浆 + 0.8% LV - CMC	39	28	11	1.5/8.5	12	29

注:基浆配方为 5% 膨润土浆 + 0.2% PMHA - II。

1.7 “双保”钻井液的性能评价

通过室内大量试验,优化出了润滑钻井完井液体系配方,并对体系的防塌性能、油层保护性能及体系的化学毒性、生物毒性、生物降解性进行了试验分析(见表6)。结果表明,研究出的钻井液体系具有较强的抑制泥页岩分散能力,体系岩心渗透率恢复值高,保护油层效果优良;生物毒性为无毒,化学毒性符合《污水综合排放标准》(GB 8978—1996),而且生物降解较容易。配方:5% 膨润土浆 + 0.2% ~ 0.3% PMHA - II + 0.3% Coater + 0.5% NH₄ - HPAN + 0.2% SF - 1 + 2% SMP - 1 + 1.5% ~ 2% SD - 301 + 2% ~ 3% SDRH - 2 + 5% FQ。

表6 “双保”钻井液的性能评价结果

流变及滤失性	AV mPa·s	PV mPa·s	YP Pa	YP/PV	pH 值	FL _{API} mL/mm	FL _{HTHP} mL/mm	K _f
	16	10	6	0.600	9	4.5/0.5	14/1	0.0787
防塌与油保性能	回收率,%		相对膨胀率,%			渗透率恢复值,%		
	93.3		28.72			87.6		
裂缝封堵能力	处理前渗透率,mD				钻井液处理后渗透率,mD			
	1.39×10 ⁻³				9.74×10 ⁻⁶			
有害物质检测结果	Pb	Cd		Cr		As		Hg
	未检出	0.003		0.015		0.002		未检出
生物毒性测试结果	EC50 (mg/L)				毒性分级			
	25200				无毒			
生物降解性测试结果	BOD ₅ ,mg/L		COD,mg/L		BOD ₅ /COD		可生物降解性	
	341.2×10 ⁴		2201×10 ⁵		0.155		较易	

2 现场应用

2.1 地质概述

AF16 井构造位置位于安丰构造西高点,是一口定向开发井;AF 地区上部盐城组、三垛组软泥岩塑性较强,钻井施工过程中易缩径、起钻易拔活塞、泥包钻头等,地层易造浆,提高钻井液的抑制性能,控制地层造浆是重点;而下部地层又存在高压盐水层,钻井液性能受到破坏。

2.2 工程简况

AF16 井于2002年9月5日开钻,10月6日完钻。该井井眼轨迹为“直—增—稳”,该井设计斜深2643m(垂深2400m),实际完钻斜深2620m,造斜点1200m,最大井斜40.16°(1875m处),最大井底位移689.19m。

2.3 施工工艺

- (1)一开直接用清水钻进,钻表层套管水泥塞时用0.6t K₂CO₃处理水泥侵。
- (2)二开井段钻井液施工:
 - ①二开前用4t 钠土、0.5t K₂CO₃配浆100m³,并水化16h,然后用钠土浆二开钻进;
 - ②钻完表层套管水泥塞后,用0.5% NH₄ - HPAN 对钻井液进行处理,调节钻井液流型,降低钻井液滤失量;
 - ③钻进过程中及时补充0.3% PMHA - II 和0.1% Coater,增强钻井液的抑制性能,控制软泥岩地层的造浆。
- (3)三开井段钻井液施工:

- ① 钻技术套管水泥塞时用 K_2CO_3 处理好水泥侵。
- ② 三开前加入 PMHA-II、 NH_4 -HPAN 调整好性能后钻进。
- ③ 钻进中及时补充 PMHA-II, 并配加适量小阳离子, 增强钻井液的抑制性。
- ④ 定向后及时加 2% FXJS-2, 使钻井液保持了较好的润滑防粘能力。
- ⑤ 钻进至 2130m, 钻井液粘度由 62s 升至 80s, 密度由 $1.17g/cm^3$ 降至 $1.14g/cm^3$, 滤失量由 5.2mL 升至 7.4mL, 现场判断是高压盐水侵。现场处理措施为: 将密度由 $1.14g/cm^3$ 提至 $1.28g/cm^3$, 加入 1.5% SD-301 进行处理, 处理完后钻井液性能逐渐恢复稳定。
- ⑥ 钻进中定期补充防塌剂 1.5% SD-301、3% 超细碳酸钙提高钻井液的封堵能力、防塌防垮能力。
- ⑦ 钻进后期(2242m 开始) 配加无毒降粘剂 SF260, 调节钻井液的流变性能。钻进中定期进行清罐, 提高离心机的使用效率, 清除钻井液中细颗粒固相, 严格控制钻井液中的固体含量。
- ⑧ 距目的层前 50m 加入 3% QS、1% SD-301, 采用暂堵技术对油气层进行保护。

2.4 环境保护措施

- (1) 环保型钻井液现场试验井所使用的主聚合物、润滑剂、防塌剂及相关的处理剂均采用无毒产品;
- (2) 由现场工程师对该井的钻井液性能进行调节, 对现场施工进行指导和监督, 并取样进行分析;
- (3) 避免废油或其他污染物流入循环系统;
- (4) 项目人员负责到现场采集井场周围的土壤, 进行背景值检测, 并到现场提取水样和钻井液进行分析;
- (5) 钻井液材料采取上盖下垫, 严防散落在地面。

2.5 现场分井段钻井液性能

现场分井段钻井液性能见表 7。

表 7 AF16 井现场分井段钻井液性能

井深 m	ρ g/cm^3	FV s	YP/PV	GEL (10s/10min) Pa/Pa	FL mL	pH 值
438	1.15	42	0.25	0.5/1	6.2	8
667	1.14	40	0.35	0.5/3	5.6	8.5
964	1.16	44	0.45	2/5	5.7	8.5
1198	1.16	41	0.40	2/4	4.9	8.5
1213	1.14	40	0.41	1.5/3	5.4	9.5
1414	1.13	58	0.44	1.5/2	5.5	8.5
1634	1.14	39	0.51	1/2	5	8.5
1845	1.45	43	0.50	1/2	5.3	9
1982	1.18	42	0.30	1/2	5.2	9
2116	1.18	45	0.50	1.5/5	4.8	8.5
2242	1.25	59	0.40	2/4	4.5	9.5
2477	1.20	53	0.48	1.5/4	4.2	9
2620	1.20	48	0.47	2/4	3.9	9

注: 2242m 密度偏高主要是 2130m 发生高压盐水侵, 提密度压井造成。

2.6 应用效果

(1) 钻井液完井液解决了该地区钻井施工过程中易缩径、起钻易拔活塞、泥包钻头等问题, 全井没有发生任何复杂事故, 完井电测一次成功, 缩短了钻井液对储层的浸泡时间, 减少了钻井液滤液和无用固相对地

层的侵害；

(2)由环境检测站检测出的结果可知(见表8),AF16井钻井液的毒性控制在允许范围内,对环境保护起到了较好的保护作用。

表8 AF16井周边环境土壤背景、钻井液、钻井液废水、背景原水污染物浓度

分析项目 样品类型		pH 值	Oil	总 Cr	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn	单位
土壤背景值	东(0~20cm)	8.18	43	0.109	0.066	0	0.0027	0.18	7.51	mg/kg
	东(20~40cm)	8.01	50	0.002	0.151	0.34	0.0172	0.176	14.8	
	西(0~20cm)	7.88	77.5	0.01	0.083	0	0.0061	0.167	3.26	
	西(20~40cm)	7.96	60	0.01	0.236	0	0.016	0.179	7.28	
	南(0~20cm)	7.88	65.5	0.042	0.072	0	0.0053	0.179	8.28	
	南(20~40cm)	8.22	39	0.1	0.466	0.3	0.0086	0.193	6.19	
	北(0~20cm)	7.9	76.2	0.014	0.171	0	0	0.175	7.65	
	北(20~40cm)	8.1	41	0.01	0.332	0	0.0098	0.256	8.39	
钻井液	300m	8.13	650	0.02	0.329	0	0.0097	0.187	5.32	mg/kg
	1182m	8.04	538	0.59	0.236	0.143	0.018	0.17	22.08	
	1797m	9.17	725	0.167	0.156	0	0.022	0.213	29.6	
	2060m	8.96	762	0.2	0.082	0.38	0.021	0.161	23.24	
	2275m	8.31	1080	0.622	0.249	0.6	0.027	0.136	14.32	
	2450m	8.73	1200	3.77	0.095	0.19	0.001	0.193	14.98	
	2620m	8.2	1625	5.668	0.051	0.227	0.013	0.185	15.83	
钻井液废水	1564m	8.95	5.98	0.055	0.00034	0	0.0003	0.0047	0	mg/L
	2060m	8.53	7.56	0.114	0	0.0046	0.00025	0.0044	0	
	2620m	8.26	18.76	0.0475	0.017	0.04	0.0003	0.0044	0	
背景原水		7.33	3.2	0	0.002	0	0.00017	0.0029	0	mg/L

注:表中的检测数据由江苏石油勘探局环境监测中心提供。

(3)取 AF16 井的周边土壤及钻井液进行肥效检测,试验结果表明(见表9):AF16 井所使用的钻井液中所含有机质、速效磷、速效钾比土壤背景值明显增多,具有较好的肥效。

表9 土壤肥料效果检测报告

来样编号	试验编号	检测结果		
		有机质 g/kg	速效磷 mg/kg	速效钾 mg/kg
1	20311	13.18	9.72	34.8
2	20312	9.97	4.2	22.2
3	20313	56.85	12.5	2694
4	20314	117.34	4.85	956

注:1号代表 AF16 井土壤(0~20cm);2号代表 AF16 井土壤(20~40cm);3号代表 AF16 井钻井液(中部);4号代表 AF16 井完井液(2620m)。

数据由扬州市环境监测中心站提供。

(4)取 AF16 井的土壤进行质量检测,检验结果表明(见表10):所使用的环保型钻井液中的各项指标符合《土壤环境质量标准》(GB 15618—1995)的二级标准值。

表 10 AF16 井土壤环境监测结果

mg/kg

采样地点	Oil	Cu	Pb	Hg	Cd	Cr	Zn	pH 值
标准值	3000 *	100	350	1.0	1.0	350	300	>7.5
AF16	20	12	2.9	0.12	未检出	61	48	8.18
AF16(1182m)	477	25	3.3	0.05	未检出	108	108	9.91
AF16(2620m)	476	12	3.4	未检出	未检出	未检出	72	10.42

注: * 为《农用污泥中污染物控制标准》(GB 8248—1984);

数据由扬州市环境监测中心站提供。

3 几点认识

(1)该钻井液体系抑制防塌性能好,试验区块有复杂易垮、易缩径水敏性地层,但试验井无划眼复杂,起下钻畅通无阻,井径扩大率在 7% 以内,电测成功率高,在造浆地层返出岩屑清洁,性能平稳无波动,钻井液性能易控制,说明抑制包被性能强。

(2)该体系各项环境指标达到农用污染标准,不加深色处理剂,色度小,可直接排放,从源头控制了钻井液的污染。

(3)有利于及时发现油气层,该体系色度小,荧光较低,无油类物质,对地质录井极为有利。

(4)该体系对油气层保护效果好,使用 QS 与 SD-301 的配合,屏蔽暂堵效果好,既能用于探井,也能用于开发井。

(5)该体系的钻井液成本偏高,并且生物降解性仍需加强研究。

参 考 文 献

- [1] 李树斌,郭艳,张宏利等. 新型环保钻井液体系研究综述. 油气田环境保护,2004,11(1)
- [2] 程启华,孙俊,王小石. 无害化钻井液体系的研究与应用. 石油与天然气化工,2005,34(1)
- [3] 睢文云,杨星,许春田等. 环境无害化保护油气层钻井液研究应用. 油田化学,2004,21(3)
- [4] 吕开河,高锦屏,孙明波. 聚合醇钻井液高温流变性研究. 石油钻探技术,2000,18(6)