

石油钻井工程及相关技术 论文集

赵炬肃

赵炬肃 著



SHIYOU ZUANJING GONGCHENG JI XIANGGUAN JISHU LUNWENJI

石油钻井工程及相关技术 论文集

重名

赵炬肃 著

 江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

镇江



图书在版编目(CIP)数据

石油钻井工程及相关技术论文集 / 赵炬肃著. — 镇江 : 江苏大学出版社, 2014.9
ISBN 978-7-81130-816-7

I. ①石… II. ①赵… III. ①油气钻井—钻井工程—文集 IV. ①TE21—53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 197615 号

石油钻井工程及相关技术论文集

著 者/赵炬肃

责任编辑/杨海濒

出版发行/江苏大学出版社

地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)

电 话/0511-84446464(传真)

网 址/<http://press.ujs.edu.cn>

排 版/镇江新民洲印刷有限公司

印 刷/句容市排印厂

经 销/江苏省新华书店

开 本/710 mm×1 000 mm 1/16

印 张/24

字 数/459 千字

版 次/2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

书 号/ISBN 978-7-81130-816-7

定 价/52.00 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话:0511-84440882)

序

看了赵炬肃的《石油钻井工程及相关技术论文集》书稿,让我重新认识了他。欣然提笔,为之作序。

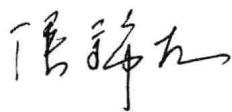
本书作者是中国石油学会会员、中国石油学会钻井液与完井液组第三届委员会委员、中国石油化工集团公司华东石油工程有限公司六普钻井分公司科协副主席、高级工程师,有40多年现场钻井工程技术工作的经历,亲历了华东油气田、新疆塔河油田、东北腰英台油田等的开发,取得了多项省、部级科研成果和奖励。该论文集是作者于1984—2013年期间,在《石油钻探技术》《钻井液与完井液》《钻井工程》《油气藏评价与开发》等石油工程专业期刊上发表的60余篇论文中,精选40余篇编辑成集,内容包括钻井工程、钻井液、固井、油层保护、油田环境保护、钻井机械、盐岩开发、页岩气开发、新材料研发、新工艺课题研究等方面,在钻井工程、钻井液、油田环保等技术领域,具有较鲜明的华东油气田钻井工程技术特色。

作者在工作中钻研业务、善于创新,解决了多项钻井生产技术难题,对华东油气田钻井及开发做出了贡献。同时,作者在繁忙的工作之余,勤于笔耕,关注钻井工程技术的创新与发展,认真思索和总结钻井生产实践经验,并在一定深度上进行理论探索,撰写成文,这是十分难能可贵的。

很骄傲,在我们的队伍里有这样的专业技术人员出版个人专著,这在中国石油化工集团公司华东石油局尚属首次。论文集是作者理论知识和实际工作经验结合的总结,也是他汗水和智慧的结晶,更是对石油事业孜孜以求的真实写照。论文集从不同方面探讨和总结了苏北定向井、水平井、盐岩开发井技术;新疆塔河盐下井、超深井技术;东北腰英台深井、欠平衡钻井技术;钻井液技术等,在石油钻井工程方面具有较高的学术水平和实用价值。

相信,该论文集的正式出版,将对石油钻井技术人员及石油院校相关专业师生具有一定的参考价值,并对今后华东油气田钻井工程技术的发展起到积极的推动作用。

中国石化集团公司华东石油局副局长
华东石油工程有限公司总经理、党委书记



2010.7.23

前言

在我国,石油、天然气钻井工程漫长而曲折的发展历程中,每前进一步都离不开科技工作的支持。采用新工艺、新技术不仅能够降低钻井工作者的劳动强度,提高工程效率,减少井下复杂情况及事故的发生,而且,还能够大大提升钻井公司的油气勘探能力,从而发现更多的油气田,给企业和社会带来更多、更好的经济效益。此外,钻井科技的不断进步,还为减少采油过程中造成的污染,保护环境,实现绿色采油提供了便利。

作为从事油气田勘探与开发的一名石油工程技术人员,笔者一直把争当优秀科技工作者,作为自己奋斗终生的目标。40多年来,笔者对于钻井事业始终充满热爱和激情,对于油气勘探科研工作始终保持那么一股钻劲和韧性。

笔者于1972年投身石油钻井工程事业。开始时,从钻井内钳工、井架工、泥浆工做起。1991年毕业于中国地质大学武汉干部管理学院钻探工程专业,以后还曾先后到成都理工学院、山东大学进修钻探工程、油田化学等专业技术和知识。经过坚持不懈的刻苦自学、高等学校系统的专业培养以及长期深入石油钻井工程一线开展具体的科研活动,笔者逐步成长为技术员、助工、工程师、主任工程师、高级工程师,并当选为中国石油学会钻井液与完井液学组第三届委员会委员,在全国石油工程钻井液与完井液理论研究方面占有一席之地。

在多年的钻井生涯中,笔者的足迹踏遍华东油气田、东北腰英台油田、河北冀东油田、新疆塔河油田、陕西定边油田、山西和贵州煤层气(页岩气)田、湖北盐岩开发油气田钻井施工单位,参与了400余口井的施工和技术服务。特别值得一提的是,1987年、1995年先后参加了原地质矿产部第一口定向井(草10井)、水平井(苏平1井)的施工。2003年3月~8月参加了新疆塔河油田沙106井深井盐膏层钻井技术课题研究。该井完钻井深达6 066 m,为塔河油田第一口盐下超深井,取得了日产原油达260.2 m³,天然气2.26万 m³的重大突破。沙106井取得的成果已经在塔河油田实际钻井中得到推广和应用。2006年,笔者现场指导了新疆塔河油田托普2井(钻井井深6 925 m,创造了当时中国石油化工集团公司第三超深井记录)的施工,该井下入177.8 mm尾管6 835.57 m,创造中国石油化工集团公司新纪录。同时,在井深6 870~6 905 m处发现了巨厚油层,实现了托普区域油气勘探重大突破。

笔者还主持和参加了原地质矿产部、中国石油化工集团公司油田事业部、华东油气田新型防塌钻井液研发、定向井和水平井钻井及钻井液技术、钻井污水处理及采油井含油污水处理技术、第一口三维绕障水平井(草平1井)技术、调整井井控技术应用、二氧化碳开发井钻井工艺技术、新疆塔河油田超深井盐膏层钻井技术、超深井钻井工艺技术、长裸眼钻井技术应用、玛北1井钻井技术先导试验、东北腰英台油田欠平衡钻井和海外加蓬项目钻井技术及工艺等课题的研究。

从事石油钻井技术工作40多年来,笔者撰写学术论文60余篇,参与了“中国石油化工集团公司华东石油局‘十二五’石油钻井工程规划”的编写;2011和2013年还作为主笔先后完成了“中国石油开发志·华东石油篇(钻井工程)”和“江苏省志·石油志(钻井工程篇)”的编写工作。先后获得原地质矿产部科技成果三等奖2次,四等奖1次;获得江苏省科委1987、1988年度优秀青年“五小”成果一等奖1次;江苏省科委1989、1990年度优秀青年“五小”成果二等奖1次;获得中国石油化工集团公司华东石油局科技成果奖8次;获2005、2006年度江苏省镇江市优秀科技工作者称号,2010年度中国石油化工集团公司华东石油局优秀科技工作者称号。

笔者在石油钻井工程战线奋斗了整整42个春秋,还有两年多的时间就将退休。抚今追昔,往事历历在目。为了给自己奋斗数十年的科研工作作一个小结,同时,更为今生难以割舍的钻井工程事业再尽一份绵薄之力,笔者从2013年起就开始精心挑选、整理多年来主持和参加有关钻井工程科研项目所撰写的研究论文和报告,并拟以《石油钻井工程及相关技术论文集》出版。

本书汇集48篇论文,包括了华东油气田定向井(水平井)、套管开窗侧钻井、钻井及钻井液技术、新型油田助剂研发和油气层保护技术、双驱钻井技术推广应用;钻井生产效果分析;新疆塔河油田深层盐膏层钻井工艺、超深井钻井液、长裸眼井壁稳定技术;海外工程项目新技术应用等学术论文。此外,还包括华东油气田钻井污水处理、采油含油污水回收及处理技术、浅层水平井工艺、欠平衡钻井技术,新疆塔河油田超深井钻井工艺、固井技术、水力脉冲空化射流技术应用等内容。从理论、技术、经济等角度出发,结合应用效果,较全面阐述了相关技术的有效性和实用性。

在著书过程中,笔者得到了中国石油化工集团公司华东石油局、华东石油工程有限公司、六普钻井分公司领导及四川正蓉实业有限公司、河北硅谷化工有限公司、江苏镇江建民建设工程有限公司、江苏华建商品混凝土有限公司、江苏镇江劲马空调有限公司、镇江市溧阳商会等单位的大力支持和帮助,在此一并表示衷心感谢!

由于时间仓促,水平有限,书中难免会有错误和不足之处,敬请广大读者批评指正。

赵炬肃

2014年7月

目 录

环空钻井液流态对井壁稳定的影响初探	赵炬肃	(001)
聚合物——腐殖酸钾钻井液在苏沙 1 井的应用	赵炬肃	(005)
石油钻井污水连续处理技术及装置(ZW-8 型)研究	赵炬肃	文茂刚 (009)
中、小油田集输站含油污水处理技术	赵炬肃	(014)
CMS 在茅 1 井饱和盐水钻井液中的应用	赵炬肃	(019)
浅谈钻头喷嘴卡森黏度对钻速的影响	赵炬肃	(023)
聚合物钻井液在江苏工区使用的问题探讨	赵炬肃	(028)
湖北沙市盐卡地区钻盐膏层的钻井液技术研究	赵炬肃	(031)
大功率柴油机烟尘净化设备的研制	沈少锋	赵炬肃 (037)
中国石油史话	赵炬肃	(040)
坨圩油田集输站含油污水处理技术应用研究	赵炬肃	王允刚 (043)
塔河油田深部盐膏层钻井液技术难点及对策研究	赵炬肃	(052)
塔河油田盐下探井 $\phi 311.2$ mm 井段长裸眼井壁稳定问题的探讨	赵炬肃	陈安明 (063)
塔河油田长裸眼井身结构的选择与探讨	周玉仓	赵炬肃 (072)
新型有机氟硅聚合物(SF)抗高温钻井液的研究及应用	赵炬肃	秦永宏 (075)
华东石油局 30 年钻井液技术的发展	赵炬肃	(087)
关于 GD-18 高效降黏剂在冀东油田现场应用的研究	赵炬肃	(105)
简述国内外防塌钻井液的新发展	赵炬肃	(108)

关于苏东 187B 套管开窗侧钻井超长裸眼钻井及钻井液技术的探讨

.....	赵炬肃	(112)
塔河油田深层盐膏层钻井工艺技术应用的研究	赵炬肃 周玉仓	(118)
有机氟硅聚合物(SF)产品在江苏油气开发井中的应用	赵炬肃	(132)
新疆塔河油田超深井钻井工艺技术应用研究	赵炬肃 周玉仓 郑建翔	(135)
注水(气)油田调整井井控技术应用研究	赵炬肃 吴江麟	(155)
腰滩油气区钻井复杂情况分析 & 处理	赵炬肃	(167)
达二井欠平衡钻井钻井液工艺技术	赵炬肃	(173)
6 925 m 超深井钻井液技术	赵炬肃, 陈 亮	(182)
黄桥二氧化碳气田钻井工艺技术研究	赵炬肃 吴江麟	(190)
新型无荧光润滑剂(JD-1)的研制与应用	赵炬肃 王万杰 冯桂双, 等	(206)
高性能复合型固体润滑剂(JD-A)的制备及研究	赵炬肃 李长生 冯桂双, 等	(212)
北石 DQ70BSC 型顶部驱动装置的现场应用 & 分析	沈少锋 赵炬肃	(220)
浅谈提高机械钻速的钻井液理论与技术	赵炬肃	(227)
钻井液用润滑剂的研究和制备	赵炬肃 李长生 冯桂双, 等	(234)
东北松南气田裂缝性油气藏水平井完井技术探讨	高平平 赵炬肃	(242)
井斜控制技术在哈国阿里贝克莫拉油田的应用	黄乘升 曹华庆 赵炬肃	(247)
加蓬 G4-188 区块钻井液技术应用研究	赵炬肃 马春松	(253)
“双驱钻井技术在江苏工区的推广应用”效能监察	赵炬肃 虞庆云	(259)
屏蔽暂堵技术在华东油气田的研究 & 应用	赵炬肃	(265)
江苏工区 2011 年钻井生产的分析和探讨	谈士海 赵炬肃	(268)
江苏低、中渗透性油气层保护技术的研究 & 应用	赵炬肃	(274)
近十几年华东石油局水平井施工业绩	赵炬肃	(278)

句容油气区浅层水平井技术研究与应用	赵炬肃 谈士海 王宗敏,等 (282)
浅谈油基钻井液技术的发展	赵炬肃 (294)
水力脉冲空化射流技术在非常规钻井施工中的应用	辛建华 赵炬肃 (302)
江苏工区套管开窗侧钻井超长裸眼钻井及钻井液技术探讨	吴江麟 赵炬肃 (311)
塔河油田 TK1201 井 PDC 钻头选型技术	高长斌 赵炬肃 (316)
塔里木盆地沙雅 S111 井钻盐膏层技术	高长斌 赵炬肃 (322)
新疆巴麦隆起玛北 1 井钻井技术先导试验	赵炬肃 辛建华 (329)
华东石油局钻井工程技术发展概论(1978—2008 年)	赵炬肃 (347)

环空钻井液流态对井壁稳定的影响初探

赵炬肃

(中国石油化工集团公司华东石油工程有限公司六普钻井分公司,江苏 镇江 212003)

钻井时井壁稳定问题是带有普遍性的技术难题。造成井壁不稳定的因素是多方面的,有地质因素、机械因素、物理因素以及泥页岩吸水水化等。本文着重就现场钻井时环空钻井液流态的选择对井壁稳定的因素作一些探讨。

钻井技术人员普遍认为:钻井液环空保持平板层流不仅对井壁的冲刷破坏小,而且具有良好的携岩能力、井径规则等特点。采用喷射钻井工艺,要求环空低返速下的平板层流,以满足增加钻头水功率和井底净化的需要,避免紊流对井壁的冲刷,及由此而产生的井壁不稳定问题。

近4年来,江苏的喷射钻井、低固相非分散聚合物钻井液、地层压力检测预测3项钻井工艺试验结果表明,钻井液环空流态的选择,应根据各井段地层、井身结构、钻具组合等因素进行综合考虑,才能获得提高钻井效率和井壁稳定性的效果。

苏北凹陷区(溱潼、高邮)地层特点:第四系和上第三系地层疏松易坍,泥岩易于缩径,砂岩易于渗漏。下第三系戴一段(E_d^1)和阜宁组(E_f)是严重水敏性地层,极易剥落坍塌,形成极度超径,甚至导致卡钻事故。尤其戴一段(E_d^1)和阜四段(E_f^4)黑色泥岩吸水崩散,钻进后时间不长,即可能形成掉块和坍塌,对钻进造成一定困难,是需要解决钻进中难题的主要层段。

鉴于上述地层特点,钻井水力设计中环空流态的选择大致划分为以下两种:

(1) 戴南组(E_d)以上地层成岩性差,可钻性好,平均机械钻速达80 m/h,疏松砂岩高达120 m/h,地层相对稳定,环空紊流所造成的冲刷井壁作用对该段地层影响小,而具备一定的水力作用去减薄井壁上的泥饼厚度,避免了提钻抽吸,对井壁稳定是有益的。同时,在喷射钻井中有助于发挥钻头水力能量的直接破岩效果。此段尚可不考虑环空水力冲刷对井壁的破坏影响,即选择较大的排量(215.9 mm井眼、35 L/s)紊流钻进。

(2) 戴一段(E_d^1)以下阜宁组(E_f)黑色泥岩地层,地层埋藏深,钻井周期长,尤其戴一段(E_d^1)与阜四段(E_f^4)岩层界面极为破碎,对环空钻井液高返速下的冲刷非常敏感,选择环空层流对该地层的井壁稳定是重要的。

下面以苏泰 161 井为例做一分析,该井段用聚合物钻井液,钻具组合:215.9 mm 钻头 + 177.8 mm 钻铤 + 158.8 mm 钻铤 + 127.0 mm 钻杆,现场钻井液流变参数应用环空临界返速,幂律 Z 公式判断环空层、紊流。即:

$$AV_c = \left[\frac{3.878 \times 10^4 K}{\rho} \right]^{\frac{1}{2-n}} \left[\frac{2.4}{D_h - D_p} \cdot \left(\frac{2n+1}{3n} \right) \right]^{\frac{n}{2-n}}$$

AV 小于 AV_c 为层流; AV 大于 AV_c 为紊流。

$$\text{幂律 } Z = 800 \left(\frac{AV}{AV_c} \right)^{2-n}$$

Z 小于 800 为层流; Z 大于 800 为紊流。

式中: n ——流型指数;

K ——稠度系数, kg/m^2 ;

D_h ——钻头直径, cm ;

D_p ——钻杆或钻铤直径, cm ;

ρ ——钻井液密度, g/cm^3 ;

AV ——钻井液上返速度, m/s ;

AV_c ——钻井液临界上返速度, m/s 。

按理论井径计算结果:

二开 ~ 2 500 m, 钻杆、钻铤环空均为紊流;

2 500 ~ 3 500 m, 钻杆环空呈平板层流, 钻铤环空均为紊流(钻铤按 177.8 mm 计算)。

该井终孔测井戴一段(E_d^1)和阜宁组黑色泥岩地层井径对比见表 1:

表 1 该井终孔测井戴一段(E_d^1)和阜宁组黑色泥岩地层井径对比

井段/m	地层	平均井径/mm	井径扩大率/%
2 500 ~ 2 750	E_d^1 为主, 部分 E_r^4 黑色泥岩	240	11
		(E_d^1 与 E_r^4 交界面 280)	30
3 230 ~ 3 400	E_r^3 黑色泥岩	310	44
3 400 ~ 3 500	E_r^2 黑色泥岩	240	11

从表 1 看出, 2 500 m 后虽然钻杆环空保持了平板层流, 但阜宁组黑色泥岩井段井径扩大仍相当严重, 阜四段 ~ 阜三段井径扩大率达 30% ~ 44%, 而且在此段钻井中发生井壁垮塌 3 次, 划眼时间 174.40 h, 占全井事故及停待时间的 78.5%。很明显, 环空紊流对易垮地层的破坏性冲蚀是严重的。同时, 根据该地区近几年所钻的几十口井井径资料分析, 证明钻杆、钻铤环空流态对井壁稳定作用中, 钻杆部位保持层流对易垮地层稳定具有一定的作用, 但环空流态影响井壁的最大威胁是钻

铤环空。

目前钻井现场普遍采用的钻具组合为:247.6 mm 钻头 + 203.2 mm 钻铤 + 127.0 mm 钻杆或 215.9 mm 钻头 + 177.8 mm 钻铤 + 127.0 mm 钻杆。钻铤环空在上述固定的井眼,钻具结构、钻井液密度,排量及流型指数 n 不改变的情况下,实现层流就十分困难。反之,钻铤与井壁之间的间隙稍增大,平板层流的实现就变为容易。所以完全依赖调整钻井液流变性能,耗费大量昂贵处理剂来控制钻井液环空流态是不实际的。

在上面的两种钻具组合下,如实现高稠度系数 K 值下的钻铤环空层流,必然导致流变性能变差,黏度(本书中的“黏度”均指“马氏漏斗黏度”,以下不再作具体说明)、切力增加、结构强度大、长时间循环使井壁泥皮增厚。起钻时易抽垮井壁。苏144井在井深3100 m 就出现了上述问题,下钻遇阻,提钻抽汲。从表面现象看,表观黏度的正常范围(40 s),而测定的流变性能: $PV = 14 \text{ MPa} \cdot \text{s}$, $YP = 10 \sim 12 \text{ Pa}$, $n = 0.40$, $K = 3.63$,维护高切力下的钻杆、钻铤环空平板层流,其结果井内情况没有得到改善,相反最后导致了卡钻,以事故终井。显然,较小的环空间隙实现高 K 值层流是不妥的。

以苏163井为例分析在215.9 mm 钻头 + 177.8 mm 钻铤 + 127.0 mm 钻杆组合下,177.8 mm 钻铤井内的总长100 m 在环空紊流是冲蚀情况。

凹陷区井深3000 m 以后,进尺100 m 的纯钻进时间平均按2 m/h 计算,需50 h 钻穿,即某一段地层要经过50 h 的紊流冲蚀方能到达钻杆环空层流区。由此可见,钻铤部位的井眼所需钻穿的时间愈长,紊流对井壁的冲刷愈有利。如果在典型的水敏性阜四段地层中钻进,没有高质量抑制垮塌的钻井液类型、流变性能及环空流态,确保井壁稳定是非常困难的。以上分析认为:苏北地区所钻许多井在阜宁组地层发生井壁失稳问题,除其他原因外,与钻铤部位的环空紊流冲刷有直接关系。同时也说明我们普遍没有高度重视环空流态的控制和研究,这也是阜宁组黑色泥岩井段井径过于扩大,井壁经常垮塌的一个主要原因。

影响环空流态的因素除钻井液性能、排量以外,钻具组合配备是否合理也是一个方面,见表2。

表2 两种钻具使用对比情况

钻具组合	排量/ (L/s)	PV/ (MPa·s)	YP/ Pa	n	K/ (kg/m ²)	上返速度/ (m/s)		临界返速/ (m/s)		Z		环空流态 描述
						钻杆 处	钻铤 处	钻杆 处	钻铤 处	钻杆 处	钻铤 处	
215.9 mm 钻头 + 158.8 mm 钻铤 + 127.0 mm 钻杆	20	11	12	0.56	0.70	0.83	1.19	1.11	1.32	571	689	钻杆、钻铤 均为层流

续表 2

钻具组合	排量/ (L/s)	PV/ (MPa·s)	YP/ Pa	n	K/ (kg/m ²)	上返速度/ (m/s)		临界返速/ (m/s)		Z		环空流态 描述
						钻杆 处	钻铤 处	钻杆 处	钻铤 处	钻杆 处	钻铤 处	
215.9 mm 钻头 + 177.8 mm 钻铤 + 127.0 mm 钻杆	20	11	12	0.56	0.70	0.83	1.70	1.11	1.54	571	922	钻杆环空层 流, 钻铤 环空紊流

注: 选用现场一般数据

从表 2 对比得出结论: 在相同的排量和钻井液性能条件下, 177.8 mm 钻铤改为 158.8 mm 钻铤, 由于增加了环空间隙, 钻铤环空钻井液返速低于临界流速, Z 小于 800, 很明显, 环空流态由紊流转变为层流。

此外, 美国学者威尔逊在“如何钻一口有用的井”一文中指出, 一般在软地层 215.9 mm 井眼应采用 158.8 mm 钻铤, 硬地层中采用 171.4 mm 钻铤。英、法、日、中国合作在渤海、黄海钻井都用 158.8 mm 钻铤组合(钻铤重量增加), 这种钻具组合与粗钻铤相同具有防斜效果。

归纳: 华东油气田井壁不稳定首先是水化作用和压力不平衡所致, 钻井液液流的冲刷在地层失稳的基础上必然加剧其失控。所以在易垮地层中钻井, 钻杆、钻铤环空流态控制是相当重要的。一口井的工程设计在了解地层情况和设计良好的钻井液类型、流变性能的前提下, 钻具几何尺寸的选用应在防井斜的同时, 必须考虑到对井眼稳定的影响, 这样做有助于环空层流的实现, 必将会大大减少井内事故的发生。

本文发表于《石油钻探技术》1984 年第 3 期

聚合物——腐殖酸钾钻井液在苏沙 1 井的应用

赵炬肃

(中国石油化工集团公司华东石油工程有限公司六普钻井分公司,江苏 镇江 212003)

六普在多年使用聚合物钻井液的基础上,为解决苏北上第三系地层的坍塌问题,满足喷射钻井的工艺要求,在苏沙 1 井选用了聚合物——腐殖酸钾(KHM)钻井液,完钻顺利,达到了预期效果,实践证明它具有较强的防坍塌能力。

一、基本情况

苏沙 1 井位于高邮构造,该地区的地层特点是上部的东台、盐城、三垛组地层泥岩容易发生塑性变形,导致缩径,砂岩易于渗漏;下部第三系属水敏性地层,钻井过程中剥落坍塌严重,最典型的为戴一段和阜四段地层。据沙埕地区所钻的五口井统计,每口井平均划眼时间为 216 h,最严重的是苏 156 井钻遇阜四段后,第三天便开始出现井塌问题,全井因划眼损失时间达 661.42 h,严重影响了钻井生产。为此,近两年来我们将腐殖酸钾(KHM——成都拷胶厂、江西萍乡腐殖酸工业公司生产,粉状产品,钾离子含量 14%)作为一种防塌剂,开展了室内试验和几口井的现场应用。室内试验(省略)。

另据十一普 PHP(聚丙烯酰胺,广州南中化工厂生产,粉状产品,分子量为 200 万~250 万,水解度 30%)——KHM 钻井液浸泡防塌试验资料表明:PHP 加量在 $3 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-4}$ mg/L, KHM 2%~3%,试样浸泡时间在 20 天内保持完整。

从试验结果看出,应用钾离子降低页岩膨胀能力的机理,KHM 与 PHP 配合使用有助于提高防坍塌能力和钻井液性能稳定性,随着 KHM 含量的增加,其防坍塌能力增强,且热稳定性好。

二、现场应用概况

(一) 聚合物 KHM 钻井液的形成

PAN——六普、江都化工厂生产,液体产品,浓度为 20%。二开后,逐步向钻井液中加入 PHP、NPAN 和 KHM,在短时间内形成初步的聚合物 KHM 钻井液体系,加入量按设计要求执行。在第四系和上第三系地层中主要是防止黏土层缩径和砂

层垮塌,所以在处理过程中,须注意 PHP 的加量和浓度,防止钻井液发生全絮凝现象。

根据本井的地质设计,进入戴南组地层前 KHM 加量维护在 1% 左右,钻遇戴一段后速将 KHM 加量提高到 2% ~ 3%,以增加钾离子在钻井液中的含量。同时以地层压力检测、预测为依据,及时调整钻井液密度,平衡压力钻进。

(二) 加量要求

PHP(水解度 30%):加量 300 ~ 500 mg/L;

NPAN(浓度 20%):加量 200 ~ 300 mg/L;

KHM(粉状):加量 1%,逐渐提高到 3%。

(三) 使用过程

下入表层套管后,在基浆中开始加入 PHP、NPAN 溶液,将性能控制在黏度 30 ~ 35 s,密度在 1.10 g/cm^3 以内,失水小于 6 mL、pH 值 7.5 以上。通过除沙器、除泥器清除钻井液中的高固相,维护其低密度,充分发挥泵水功率,提高钻速。

根据设计在 913 m 开始加入 KHM 1 000 kg(干加),钻井液黏度、失水有所下降,流动性变好。试验数据(略)。

在井深 1 900 m 加入 KHM 1 000 kg(干加),累计加量达 2 500 kg,黏度继续下降,由原来的 30 ~ 35 s 降为 22 ~ 25 s,其他性能基本不变,并发现 1 900 ~ 2 250 m 井段的 6 个钻井回次(包括取心),黏度始终保持在 25 ~ 28 s,性能极为稳定。据计算 KHM 加量约在钻井液总量的 1.3% ~ 1.5%。

KHM 加量为 1% 后,钻井液的黏度、失水降低,形成的泥饼薄而致密。随着加量增大,失水量可以降得更低。

该井设计在 2 100 m 左右进入阜四段,我们强调钻井液的预处理,即在保持原良好性能的基础上,重点提高钻井液中聚合物含量和 KHM 含量。其具体措施如下:

(1) 增加 PHP、PAN 用量,用烧碱溶液调节 pH 值到 9.0,使性能稳定。目的促使 PHP 分子链上的吸附基与井壁的泥页岩之间形成多点吸附,增强井壁岩层的塑性强度,形成一定厚度的吸附壁,防止滤液的大量渗入,减少阜四段黑色泥岩水化膨胀。并用 NPAN 进一步降低失水量。

(2) KHM 加量由原来 1% 提高到 2% ~ 3%,增加钻井液中钾离子浓度。利用伊利石晶体结构的特点,晶片间六角环中含有钾离子,其离子直径($2.66 \text{ \AA}^\circ$)与六角环直径($2.88 \text{ \AA}^\circ$)近似,钾离子落入六角环中不易脱离,且通过钾离子能将两晶片吸得更紧,使水分子不容易进入晶片间,起到抑制垮塌的作用。

(3) 控制流变性能,动/塑比在 0.6 ~ 0.8,改善井底清岩条件。根据邻井资料,对该井地层压力进行了检测和预测,其结果用 d_e 曲线测地层压力 GF 值最高点在

2 025 ~ 2 030 m 处,附加系数在 0.03 ~ 0.06,即钻井液密度选择应在 $1.14 \sim 1.17 \text{ g/cm}^3$ 以内,阜四段 GF 值在 $1.04 \sim 1.08 \text{ g/cm}^3$ 之间,属正常压力区间,说明钻井液密度的选择是合理的。

所以,在阜四段地层中,控制钻井液的化学平衡,是防坍塌的关键。

根据上述分析,采用每趟钻补充 PHP 20 ~ 25 kg、PAN 500 kg、NKHM 1 000 kg,并注意配制部分新浆,增加膨润土含量,起到调节流变性能的作用。补充 KHM 加量应采取“加强两头,维持中间”的方案,即下钻到底后,先用 PHP、NPAN 调整性能,钻进的初期干加 KHM 500 kg,钻头使用后补充 250 ~ 500 kg,提钻前性能相对稳定。

该井完井深度 2 743.82 m,用了 1.08 个台月(包括取心 3 次),平均机械效率 7.01 m/h,聚合物——腐殖酸钾(KHM)钻井液配合喷射钻井起到了积极的作用。

三、主要成效

(一) 提高了防阜宁组黑色泥岩坍塌的能力

KHM 配聚合物钻井液的抑制作用,主要是利用钾离子和 PHP 的共同特点,在泥页岩表面形成一个较强的吸附膜,封闭了黏土结构而起到防止水化膨胀的作用,因而增强了防坍塌能力。本井 7 号钻头钻进中,因水龙头盘根被刺,共更换 8 次,累计 12.67 h,修复后次次开泵成功,提下畅通,无阻、卡显示,充分证实了该钻井液的防坍塌能力。

(二) 井径规则,提高了测井成功率

从苏沙 1 井电测井资料分析,戴二段以上地层井径扩大率仅为 6.5%,戴一段—阜二段地层扩大率为 11%,与邻井(苏 122、156 井)比较,扩大率分别降低了 14% 和 27.8%,综合测井一次成功。

(三) 降失水效果明显

当 KHM 加量在 1% ~ 1.5% 时,钻井液失水量可以大大降低,泥饼光滑而致密。在井深 1 500 ~ 1 900 m 处,失水由原来 6 mL 降为 3.5 mL。这种性能基本保持到终井。

(四) 稀释能力强,流变性能较理想

该钻井液体系全井黏度均控制在 25 ~ 35 s 之间,循环进口黏度与出口黏度基本差异小,流变性能好。即塑黏 33,动切力 11,动/塑比为 0.7。反映了聚合物—腐殖酸钾(KHM)钻井液具有良好的剪切稀释能力,有助于井壁稳定,减小压力激动,减少复杂情况发生,利于提高机械钻速。

参考文献

- [1] 吴隆杰:《多效防塌处理剂——腐殖酸钾的研究与应用》,《钻井泥浆》,1980年第3期。
- [2] 十一普:《关于聚丙烯酰胺——腐殖酸钾低固相泥浆试验》,《钻井泥浆》,1980年第3期。
- [3] 罗平亚:《适合于喷射钻井的泥浆体系的研究》,《钻井泥浆》,1986年第1期。

本文发表于《石油钻探技术》1986年第4期,省略了部分表格。本文获得了六普1987年首届科技论文评选一等奖、江苏省科委1987—1988年度优秀青工“五小”成果一等奖