

LG地区超深井钻井液技术*

李晓阳 张坤 吴先忠 晏凌 陈怀高 王多金

中国石油天然气集团公司川庆钻探工程公司

李晓阳等.LG地区超深井钻井液技术.天然气工业,2009,29(10):62-64.

摘要 通过分析LG地区的地质特点和钻井工程措施要求,针对超深井钻井液所面临的难题和挑战,建立和应用“三强”聚合物钻井液、“三低”防塌钻井液、欠平衡钻井液和抗高温弱凝胶防卡钻井液技术,较好地解决了长井段大尺寸井眼的安全快速钻井、气体钻井后替入钻井液的井壁稳定和井眼通畅、长段红层泥页岩井段防塌、欠平衡钻井和长裸眼小井眼的超深井高温防卡等技术难题。形成了LG地区的特色钻井液技术,有力地保障了该地区的安全快速钻井。

关键词 超深井 气体钻井 聚合物钻井液 防塌钻井液 欠平衡钻井液 防卡钻井液

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2009.10.019

0 引言

LG地区广泛应用了气体钻井和欠平衡钻井技术,实现了超深井的快速钻井。X井井深6 530 m,钻井周期为145 d,平均机械钻速为6.4 m/h,定向井W井井深为6 431 m,钻井周期为142 d,较之前的川渝地区碳酸盐岩超深井0.97 m/h的平均机械钻速有大幅度提升,创造了国内碳酸盐岩超深井钻井速度的新纪录。

1 钻井技术方案及存在的钻井液技术难题

LG地区钻井井深为6 500~7 000 m,钻探主要了解长兴组生物礁和飞仙关组鲕滩的储层分布及含油气性。钻井过程中,尽量使用气体钻井技术,以大幅度地提高机械钻速。在不具备空气钻井或氮气钻井条件时,转化为钻井液钻井^[1-7]。在须家河组地层如无氮气钻井条件,则采用钻井液欠平衡钻井,以提高研磨性极强的砂岩地层的钻井速度。LG地区油气藏埋藏深度、岩性、地层水、含硫情况等存在较大差异。该地区属于多压力系统,纵向上存在多个产层,高含H₂S,气体钻井期间,油气、地层水、井壁失稳等因素导致井下出现复杂情况,钻井液钻进中井漏、井涌时有发生,会严重影响钻井速度。钻井中钻

井液所面临的技术难题有5个方面:一是长段大井眼井壁稳定和井眼清洁问题;二是气体钻井后转换为钻井液钻井时的井壁稳定和井眼通畅难题;三是长段红层泥页岩的防塌问题;四是欠平衡钻井液技术问题;五是超深井长段小井眼抗高温防卡问题。

2 “三强”聚合物钻井液技术

“三强”聚合物钻井液具有强抑制性、包被性和封堵性,具有很强的防塌抑制能力。“三强”聚合物钻井液能够较好地解决井壁稳定问题、钻井液密度与钻井速度之间的矛盾,为红层泥页岩井段实现“以快制胜”的快速钻井提供重要保证。

LG地区第二次开钻井段使用 $\varnothing 444.5$ mm钻头,最长裸眼井段为1 000 m,地层以泥岩和砂岩为主,钻井中钻井液环空返速低,同时 $\varnothing 444.5$ mm钻头破岩能力较弱,导致地层浸泡时间长,这些都会对井眼条件和钻井周期造成严重影响。LG地区已钻的9口井中,有6口井在第二次开钻采用了“三强”钻井液。通过应用“三强”聚合物钻井液,充分发挥了“以快制胜”的特性,实现了井壁稳定,同时钻井液密度始终控制在1.05 g/m³以下,保证了获得高的机械钻速,还减少了井漏。通过优化钻井液流变性,配合适当的钻井液排量,有效地解决了大井眼携砂问题,实现了井眼的通畅,使钻井作业得以顺利进

* 本文受到中国石油天然气集团公司“LG地区安全快速钻井重大现场试验项目”(编号:07G2030206)的资助。

作者简介: 李晓阳,1965年生,高级工程师;1986年毕业于原西南石油学院应用化学专业;长期从事钻井液技术研究工作。地址:(610051)四川省成都市府青路一段3号。电话:(028)86013757。E-mail:lixiaoyang0790@sina.com

行。6口井的钻探表明,该井段平均机械钻速达4~6 m/h,仅用7~9 d就完成了近千米的钻井作业任务,实现了 $\varnothing 444.5$ mm井眼深井安全快速钻井。

3 “三低”防塌钻井液和润湿反转技术

1)气体钻井条件下井眼状况分析。气体钻井中,由于地层和井壁受应力的不同,与钻井液钻井相比,井壁岩石更容易出现破碎、垮塌,出现井壁不稳定现象。气体作为循环介质所钻成的井眼与常规钻井液条件下所钻成的井眼相比存在许多差别。一是在近井壁周围形成更大的应力释放缝,气体钻井流体液柱压力极低,井眼周围地层岩石应力得到充分释放,加之空气锤和钻头及钻具的机械震动,在井壁上形成更多的应力释放缝或加剧了井壁周围微裂缝的发育;二是井壁更容易发生应力失稳,井径扩大率较大和形成“葫芦串”井眼;三是无外来流体侵入,地层岩石干燥,无水化现象产生;四是井壁无滤饼,替入钻井液之初液体将非常容易地侵入井壁岩石。气体钻井后替入钻井液,极易引起岩石吸水膨胀、分散,并大幅度地降低岩石剪切强度,从而引起井壁严重失稳,形成厚滤饼发生阻卡或卡钻,形成“砂桥”划眼或卡钻,以及出现井漏等一系列井下复杂情况。

2)润湿反转技术的应用,为气体钻井后替入钻井液的井壁稳定打下基础。地层岩石在表面性质上是强亲水性的,而替入钻井液后无法阻止钻井液液相对地层侵入。如果最初侵入的液相物质能够改变井壁岩石的润湿性,使之在最初阶段使岩石由亲水性改变为亲油性,发生“润湿反转”,其“憎水性”将一定程度阻止钻井液水基液相与岩石表面的接触,同时增大岩石微裂缝的毛细管吸水阻力,从而减少最初液相接触所发生的水化膨胀程度和因液相侵入微裂缝引起的力学传递,则井壁岩石强度在未形成滤饼前不会有大的降低。润湿反转技术在LG地区进行了初步应用。一是使用专门的“润湿反转剂”,在替入钻井液前注入一段润湿反转隔离液,改变近井壁周围的岩石表面性质,防止气液转化时泥页岩吸水膨胀垮塌。经在2口井的应用,收到明显效果。同时,润湿反转技术作为主要技术在“三低”防塌钻井液中进行应用,收到了显著效果。

3)“三低”钻井液技术集成攻克LG地区气液转换难题。“三低”钻井液是在力学平衡的前提下,通过减少泥页岩地层吸水量尤其是形成滤饼前的吸水量来阻止地层水化膨胀。该体系一是引入了润湿反转防塌技术。二是引入低渗透防塌技术,使替入的

钻井液能在较短时间内填充封堵微裂缝,形成致密的疏水内滤饼,并在井壁表面形成致密的疏水涂层,实现钻井液及滤液对井壁的低渗入。三是引入低活度防塌技术,保持钻井液的活度低于泥页岩活度,减少钻井液的水分子进入地层而保持岩石强度的稳定。

4)LG地区逐步实现了气体钻井后替入钻井液的井下安全和井眼畅通。气体钻井替入钻井液在LG地区多口井的应用,除因气体钻井后期造成复杂和事故被迫转换钻井液的井以外,各井钻井液替入后井下正常,均很快恢复正常作业,并逐步缩短了通井、划眼时间。

5)“三低”防塌钻井液保证了长段红层的井壁稳定。LG地区 $\varnothing 311.2$ mm井段,是红层泥页岩夹砂岩地层,存在水敏性垮塌的极大风险,由于最深为3800 m的井深,失去了“以快制胜”的先决条件。该井段在空气钻井后替入了“三低”钻井液,继续坚持固有的抑制防塌技术特性,同时维持良好的流变性、润滑性,工程措施强化、优化钻井参数,实现了井壁稳定和井眼通畅。LG地区各井在此段的钻井中,没有出现泥页岩垮塌现象。

4 欠平衡钻井液技术

LG地区钻井液欠平衡钻井主要在须家河组井段实施。目的是在没有氮气钻井的条件时,通过钻井液液欠平衡提高须家河组强研磨砂岩地层的机械钻速。欠平衡钻井液的密度根据地层压力和油、气、水显示情况具体确定,控压为1~4 MPa,保证以尽可能低的钻井液密度提高钻井速度。欠平衡钻井液应具备的功能。须家河组地层主要由砂岩夹泥岩、页岩组成。因此,钻井液首先要强化抑制防塌性能。为适应欠平衡作业的需要,钻井液还必须具备强的抗污染能力和防止硫化氢的能力,具备良好的流变性和脱气性能。为适应钻进和起下钻不同情况的需要,钻进时降低密度实现欠平衡钻进,起下钻时提高钻井液密度,以平衡地层压力,满足井控及起下钻作业需要。同时做好压井等井控应急措施和物资、器材的储备。目前,在3口井实施的钻井液欠平衡作业中,井壁稳定,井口、地面安全,须家河组地层的机械钻速达到了2~5 m/h,明显高于其他地区须家河组地层的机械钻速,提速效果明显。

5 超深井小井眼抗高温弱凝胶防卡钻井液技术

LG地区雷口坡组以下井段有 $\varnothing 215.9$ mm和

∅149.2 mm两种井眼,其钻井深度为7 000 m左右,而∅149.2 mm小井眼井段为500~800 m,井底温度为150~180 ℃。岩性稳定,石灰岩、白云岩、泥灰岩为主,以及岩盐和石膏层,岩石可钻性强。该井段主要以PDC+螺杆为主钻进,机械钻速为6 m/h。钻井液面临的难题首先是抗高温稳定性。二是井眼小、裸眼长、压差大,防卡压力大。三是存在膏盐层和硫化氢污染。该段钻井液技术,以抗高温入手,强化钻井液的固相控制,严格控制钻井液的膨润土含量,优选抗高温处理剂,补充选择低浓度处理剂胶液,使之成为触变强度低、抗污染能力强、固相含量低、流变性好、高温稳定性强的弱凝胶钻井液体系。同时通过增加钻井液含油量、加入乳化剂和防卡润滑剂,使体系的润滑性大大的提高。强化钻井液的弱凝胶和低黏切特性,强化对井壁的冲刷,减少了虚厚滤饼,保证了井眼的通畅。

6 结论与建议

LG地区气体钻井技术、欠平衡钻井技术的应用,大幅度地提高了钻井速度,减少了钻井过程中的复杂情况,钻井周期明显缩短。“三强”聚合物钻井

液、“三低”防塌钻井液和高温弱凝胶防卡钻井液在LG地区的应用,针对其特定的地层情况和工程措施,有较好的针对性和适用性,能够有效地提高钻井速度。优质的钻井液性能,必须与合适的工程措施的配合,才能实现井下安全、井眼通畅和快速钻井。

参 考 文 献

- [1] 李皋,孟英峰,唐洪明,等.砂岩气藏水基欠平衡钻井逆流自吸效应实验研究[J].天然气工业,2007,27(1):75-77.
- [2] 李荣,孟英峰,曾琦军,等.空气钻井替换过程中井壁稳定性问题初探[J].天然气工业,2006,26(增刊A):81-83.
- [3] 鄢捷年.钻井液工艺学[M].东营:中国石油大学出版社,2006.
- [4] 胡俊,鲜国勇,魏红燕.低阻储层岩石物性研究[J].西南石油学院学报,2002,24(4):17-19.
- [5] 何世明,何平,尹成,等.井下循环温度模型及其敏感性分析[J].西南石油学院学报,2002,24(1):57-60.
- [6] 蒲晓林,梁大川,王平全,等.抑制钻屑形成泥球的钻井液研究[J].西南石油学院学报,2002,24(2):46-49.
- [7] 李春霞,黄进军,徐英.一种新型高温稳定的油基钻井液润湿反转剂[J].西南石油学院学报,2002,24(5):22-24.

(修改回稿日期 2009-07-12 编辑 钟水清)