

莫深1井 $\varnothing 444.5$ mm大尺寸井眼钻井技术*

潘仁杰

(中国石油西部钻探公司)

潘仁杰.莫深1井 $\varnothing 444.5$ mm大尺寸井眼钻井技术.天然气工业,2008,28(7):63-65.

摘要 莫深1井位于新疆准噶尔盆地中央坳陷莫索湾凸起莫索湾背斜,设计井深7 380 m,其中 $\varnothing 444.5$ mm井眼钻达4 436 m,为当前国内最深的大尺寸井眼。根据莫深1井的实际情况优化水力参数,采用合适的钻头选型技术、个性化的PDC钻头设计及应用技术、有效地防斜打快技术、大尺寸螺杆复合钻井技术以及大排量、高泵压的强化水力参数技术,大幅度地提高了大尺寸井眼钻井速度。在确保井身质量和井下安全的情况下,莫深1井 $\varnothing 444.5$ mm井段平均机械钻速达到5.49 m/h,最大井斜角仅为 1.1° 。与这一区块邻井相比,在井眼尺寸大一级的情况下,莫深1井 $\varnothing 444.5$ mm井眼的钻井速度仍高于邻井相同井段。其实践经验对于提高深井、超深井钻井速度具有重要的意义。

关键词 超深井 大尺寸井眼 钻井速度 井斜 准噶尔盆地

莫深1井位于准噶尔盆地中央坳陷莫索湾凸起莫索湾背斜,设计井深为7 380 m,钻探目的是预探莫索湾背斜深层基底石炭系、二叠系以及三叠系的含油气性,了解准噶尔盆地中央区域地层层序、基底岩性特征以及生储盖层特征。由于该地区自侏罗系三工河组S2段以上地层(井深4 500 m左右)为正常压力系统,而进入三工河组S3段以后,压力迅速上升。为了封隔白垩系大段复杂泥岩层段及三工河组S2砂层以上正常压力系统的地层,井深结构设计要求莫深1井第二次开钻采用 $\varnothing 444.5$ mm钻头穿越三工河组S2砂层组进入泥岩层,钻至井深4 436 m。莫深1井 $\varnothing 444.5$ mm井眼为当前国内最深的大尺寸井段。因此,莫深1井 $\varnothing 444.5$ mm大尺寸井眼钻井技术,对提高莫深1井的钻井速度,预防复杂情况的发生具有重要的意义。它的成功也为提高深井、超深井钻井技术水平提供了实践经验^[1-6]。

一、 $\varnothing 444.5$ mm大尺寸井眼 钻井技术难点

莫深1井 $\varnothing 444.5$ mm井眼将钻遇上白垩统,下白垩统吐谷鲁群以及侏罗系头屯河组,其岩性为大套棕色、灰褐色、棕色及深灰色砂质泥岩,泥岩泥

质质纯、性脆,底部为一套砂砾岩。可钻性为2~5不等。分析总结莫深1井大直径井眼主要钻井技术难点有以下几方面:

(1)砂泥岩互层是基本特点,中部含石膏。泥岩缩径、砂岩虚滤饼厚,阻卡概率高,3 500 m以上地层主要易发生厚滤饼引起粘附卡钻,下部地层易发生由于井径不规则引起的阻卡。

(2)国内大尺寸钻头可选型号相对较少,水力能量不足影响机械钻速。

(3)扭矩大,易发生断钻具事故,邻井盆参2、盆4、盆6、莫2、莫5、莫10井、莫北13井等都发生过断钻具事故。

(4)上部井眼稳定周期不确定(盆4井2 000 m的 $\varnothing 444.5$ mm井眼稳定周期为40 d,邻井莫北地区上部井段稳定周期30 d左右)。

(5)长裸眼、大尺寸套管安全下入难度大。

二、钻头优选技术

由于大尺寸牙轮钻头市场用量不大,国内钻头厂家开发出来的品种少,型号系列不全,现有可供选择的 $\varnothing 444.5$ mm牙轮钻头较少。因此,根据莫深1井地层情况,积极开展了PDC钻头的应用研究,全

* 本文受到中国石油天然气集团公司科技项目(编号:0B2010401)的资助。

作者简介:潘仁杰,1956年生,高级工程师,硕士;长期从事钻井生产和技术管理工作,组织过多项重大项目攻关,多次获省部级科技奖励,现任中国石油西部钻探公司副总经理。地址:(830000)新疆乌鲁木齐市河滩北路153号。电话:(0995)8402918。E-mail:lyh303@vip.sina.com

井段尽量采用 PDC 钻头来提高机械钻速。

根据邻井测井及实钻资料优选了 FS2563(五刀翼)、FS2663(六刀翼)、FS2863(八刀翼)进行试验研究。这些钻头选用了高抗磨、高抗冲击能力和具有高热稳定性的 Z3 型 PDC 齿;为增加钻头在井下工作稳定性,采用多种抗回旋设计;为达到加强保径的目的,采用在保径段增加 $\varnothing 13$ mm PDC 保径齿和在保径块上使用具有 Security DBS 公司专利技术并含有金刚石颗粒的高抗磨 TECH2000 表面敷焊材料设计;为提高钻头处理井下复杂能力,每个刀翼上增加倒划眼齿设计;为提高防泥包能力,进一步提高钻头机械钻速,采用 Security DBS 公司专利技术 AB 负离子处理抗泥包技术对钻头表面整体处理。

通过试验研究,莫深 1 井 PDC 钻头使用取得了较大的成功,整个第二次开钻井段平均机械钻速为 5.49 m/h,其中 PDC 钻头进尺 2 780.71 m,平均机械钻速为 11.72 m/h,同比牙轮钻头进尺 1 255.1 m,平均机械钻速为 2.34 m/h。PDC 钻头平均机械钻速达到牙轮钻头的 5 倍。其中两只 FS2563 钻头进尺达到 853.89 m(独山子组:745~1 598.89 m)和 1 018.28 m(吐谷鲁群:2 535.68~3 553.96 m)。PDC 钻头的成功应用为提高莫深 1 井 $\varnothing 444.5$ mm 大尺寸井眼钻速起到了重要的作用。

三、大尺寸螺杆复合钻井技术

由于目前钻具的限制,大直径钻头上施加的钻压普遍不足,造成大尺寸井眼机械能量的不足。对旋转钻井来说,破岩机械能量可以采用比钻压(即:钻压/钻头直径)与转速的乘积来衡量。因此,要提高机械能量,除了提高钻压外可以采用井下动力钻具来提高钻头转速达到提高机械能量的目的。机械钻速与钻头转速近似呈线性关系变化。在保持目前比钻压不变的条件下,如将钻头转速提高到 180~350 r/min 也会使机械钻速有较大幅度的提高。

莫深 1 井采用的是 $\varnothing 286$ mm 螺杆,这样不仅可以提高钻头转速,而且使用大尺寸螺杆能够采用更高的钻压来提高钻井速度。在井段 2 535.68~3 553.96 m,使用螺杆+PDC 钻头钻具组合: $\varnothing 444.5$ mm FS2563 钻头+ $\varnothing 286$ mm 螺杆+ $\varnothing 279.4$ mm 钻铤 2 根+ $\varnothing 442$ mm 稳定器+ $\varnothing 279.4$ mm 钻铤 1 根+ $\varnothing 442$ mm 稳定器+ $\varnothing 254$ mm 钻铤 1 根+ $\varnothing 228.6$ mm 钻铤 6 根+ $\varnothing 203.2$ mm 钻铤 1 根+ $\varnothing 139.7$ mm 加重钻杆 9 根+ $\varnothing 139.7$ mm 钻杆。钻井参数为:钻压 100~200

kN;转数 120~130 r/min;排量为 70 L/s,泵压为 26 MPa。累计进尺为 1 018.28 m,纯钻时间 76.50 h,平均机械钻速为 13.25 m/h。其机械钻速高于相邻井段(2 471.63~2 535.68 m)牙轮钻头 5.73 m/h 的钻井速度。

四、钻具组合设计及井斜控制技术

大尺寸井眼防斜打快不仅对于缩短施工周期具有重要的意义,而且保证良好的井身质量为后续下套管作业奠定了基础。目前国内常使用的 $\varnothing 444.5$ mm 钻头的比钻压远低于 $\varnothing 215.9$ mm 和 $\varnothing 311.15$ mm 钻头 20 kN/in(注:1 in=25.4 mm)的水平,主要原因是国内缺少 $\varnothing 245$ mm 以上的大尺寸钻铤施加钻压。如果配备足够的大尺寸钻铤采用大钻压钻进,提高破岩机械能量, $\varnothing 444.5$ mm 井眼的机械钻速必定会有较大幅度的提高。而且使用大尺寸钻铤使下部钻具组合的刚度增加,减小钻柱弯曲程度,增加钻头侧向力,达到防斜打快的目的。

钻莫深 1 井专门订购了 $\varnothing 279.4$ mm 钻铤和 $\varnothing 254$ mm 钻铤,并在第二次开钻全井段坚持使用大尺寸钻铤。钻具组合设计时采用双稳定器钟摆钻具组合,目的是保证套管的顺利下入。具体钻具组合为: $\varnothing 444.5$ mm 钻头+ $\varnothing 279.4$ mm 钻铤 3 根+ $\varnothing 444.5$ mm 稳定器+ $\varnothing 254$ mm 钻铤 2 根+ $\varnothing 444.5$ mm 稳定器+ $\varnothing 254$ mm 钻铤 1 根+ $\varnothing 228.6$ mm 钻铤 6 根+ $\varnothing 203.2$ mm 钻铤 6 根+ $\varnothing 139.7$ mm 加重钻杆+ $\varnothing 139.7$ mm 钻杆。莫深 1 井大尺寸钻铤的使用取得了如下几项成果:

(1)大尺寸钻铤为强化钻井参数,提高钻速奠定了基础。莫深 1 井第二次开钻井段钻压均在 200 kN 左右,最大钻压加到 300 kN。

(2)配合大尺寸钻铤的钟摆钻具组合保证了井深质量。莫深 1 井第二次开钻最大井斜角为 1.1° (3 875 m)。图 1 给出了莫深 1 井第二次开钻井斜情况。

(3)大尺寸钻铤防止了钻具失效事故的发生。莫深 1 井第二次开钻井段无钻具事故。

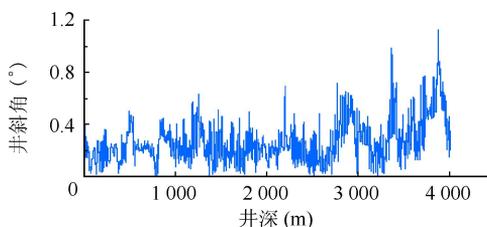


图 1 莫深 1 井第二次开钻井斜随井深变化图

五、强化的水力参数技术

由于井眼尺寸增大,与常规 $\varnothing 215.9$ mm 井眼相比, $\varnothing 444.5$ mm 井眼在水力参数、井底清洗和岩屑携带能力等方面发生了明显的变化,它们在很大程度上影响了大直径井段的钻井速度。

莫深1井采用大排量、高泵压以及大尺寸钻杆的办法来解决大尺寸井眼水力能量不足的问题。莫深1井第二次开钻全井段使用 $\varnothing 139.7$ mm 钻杆,降低沿程压耗。由于目前采用 $\varnothing 127$ mm 钻杆,50~60 L/s 的钻井液排量下大部分水力能量都消耗在钻杆内。如采用 $\varnothing 139.7$ mm 钻杆可增加水力能量,大幅度地提高井底水功率和喷射速度。

计算表明,对于4500 m 深的 $\varnothing 444.45$ mm 井眼,排量为50 L/s,如果采用 $\varnothing 139.7$ mm 钻杆与 $\varnothing 127$ mm 钻杆相比,沿程压耗降低7.2 MPa,相应地可大幅度降低水力能量损失,增加井底水功率323.87 kW,水功率利用率可由原来的16.3%提高到38%。由于沿程压耗大幅度降低,可以为提高环空返速和携岩能量创造有利条件。图2、3给出了莫深1井第二次开钻不同钻杆时压力损失及携岩效率。

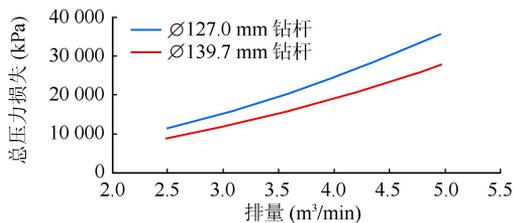


图2 排量与总压力损失的关系图

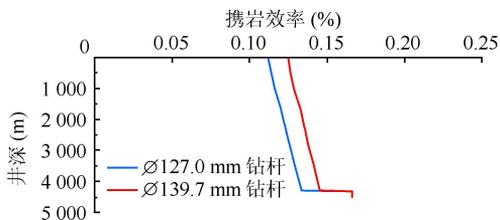


图3 $\varnothing 444.5$ mm 井眼不同钻具尺寸携岩效率对比图

莫深1井配备:F-1600 HL 泥浆泵2台,其额定压力为52~19 MPa,缸套内径为130~230 mm,额定冲数为105。F-2200 HL 泥浆泵1台,其额定压力为51.9~20.7 MPa,缸套内径为120~190 mm,额

定冲数为120。压力70 MPa 的高压管汇。因此,莫深1井第二次开钻按大排量、高泵压的强化措施进行水力参数优化,尽可能提高泵排量,充分发挥水力破岩和清洗作用。全井段排量在62~100 L/s,泵压为25~31 MPa。图4给出了莫深1井第二次开钻井段排量、泵压分布情况。

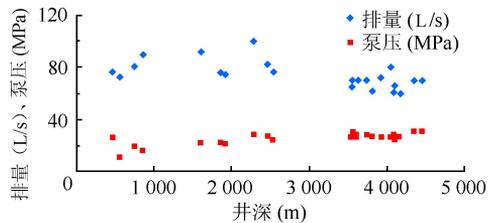


图4 莫深1井第二次开钻井段排量、泵压分布图

六、结论

(1)合理的钻头选型及个性化PDC钻头设计的应用有效地提高了机械钻速,增强了PDC钻头穿越夹层及砾石的能力。

(2)使用大尺寸钻杆,高泵压、大排量的强化水力参数钻井技术,大幅度地提高了水力破岩能量,降低了阻卡复杂情况的发生。

(3)使用大尺寸钻铤、双稳定器钟摆钻具组合、大尺寸螺杆复钻技术,强化了机械破岩能量,有效地实现了防斜打快。

参 考 文 献

- [1] 谭春飞,李树盛.影响深井和超深井钻速的主要原因分析[J].石油钻采工艺,1998(4):17-21.
- [2] 张书瑞,吕长文,李洪秀,等.大庆油田提高深井钻井速度的措施及效果[J].石油钻探技术,1997(4):47-50.
- [3] 李真祥,陈家河,何国会.胜利油田大尺寸井眼优快钻井技术初探[J].石油钻探技术,2003(1):19-21.
- [4] 吴玉禄,汪志强.大井眼快速钻进技术[J].石油钻探技术,2002(2):31-33.
- [5] 高养林,陈天成,姜春堂,等.西部地区深井优快钻井技术初探[J].石油钻探技术,2002(4):61-63.
- [6] 钻井手册(甲方)编写组.钻井手册[M].北京:石油工业出版社,1990.

(收稿日期 2008-03-17 编辑 钟水清)