

巴麦地区钻井难点分析与提速关键技术

赵国顺,郭宝玉,蒋金宝

(中国石化中原石油勘探局塔里木钻井公司,新疆库尔勒 841000)

摘 要:巴麦地区是中国石化在西北地区的勘探开发新区,钻井过程中存在中上部地层阻卡严重,二叠系、石炭系井壁稳定性差,深部地层可钻性差、机械钻速低等技术难点。针对这些技术难点,进行了高压喷射钻井技术和优化水力参数的研究与现场试验,优选了钻头和螺杆类型,进行了涡轮复合钻井技术研究与现场试验,提出了微裂缝地层井壁稳定技术。结果表明:高压喷射钻井技术与常规钻井相比,平均机械钻速提高 26.0%~29.3%; $\phi 311.1$ 和 $\phi 215.9$ mm 井眼段采用优选的钻头,机械钻速分别提高 29.0%和 43.0%;二开和四开井段采用优选的螺杆,机械钻速提高 27.0%~100.0%;高速涡轮复合钻井与常规钻井相比,机械钻速提高 146.0%,与螺杆复合钻井相比机械钻速提高 20.0%;中速涡轮复合钻井与螺杆复合钻井相比,机械钻速提高 23.0%;应用微裂缝地层井壁稳定技术后未出现井壁失稳问题,实现了微裂缝地层安全钻井。

关键词:深井钻井 高压喷射钻井 螺杆钻具 涡轮钻具 机械钻速 巴麦地区
中图分类号:TE245 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0890(2011)06-0011-04

Drilling Difficulty Analysis and Key Technology for Increasing Penetration Rate in Bamai Area

Zhao Guoshun, Guo Baoyu, Jiang Jinbao

(Tarim Drilling Company, Zhongyuan Petroleum Exploration Bureau, Kuerle, Xinjiang, 841000, China)

Abstract: Bamai Area is a new exploration area in Northwest China. A series of drilling problems occurred during drilling, such as drillpipe stuck in upper layers, poor wellbore stability in Permian system and Carboniferous system, low penetration rate in deep layers etc. In order to solve these problems, high pressure jet drilling and hydraulic parameters optimization were investigated and tested at wellsite. Drilling bit and screw were optimized, compound PDM drilling technology were investigated and tested and the wellbore stability technology for micro-cracks formation was put forwarded. The test results showed that high pressure jet drilling technology increased average penetration rate by 26.0%—29.3% compared with conventional drilling technology. The optimized drill bit improved average penetration rate by 29.0% and 43.0% for $\phi 311.1$ and $\phi 215.9$ mm hole respectively. Optimized compound PDM(screw)drilling technology increased drilling rate by 27.0%—100.0% during second and fourth spud. High-speed turbine drilling technique increased penetration rate by 146.0% compared with conventional drilling, the penetration rate increased by 20.0% compared with compound PDM(screw)drilling technology. The application of wellbore stability technology solved the problem of wellbore instability and achieved safe drilling in micro-cracks formation.

Key words: deep well drilling; high pressure jet drilling; screw drill tool; turbine tool; penetration rate; Bamai Area

巴麦地区是中国石化在西北地区的主要勘探开发新区,位于塔克拉玛干沙漠西南部(新疆和田和喀什境内),包括巴士托、小海子和麦盖提 3 个区块,面积近 5×10^4 km²。该地区钻遇地层从上至下依次为第四系、第三系、三叠系、二叠系、石炭系、泥盆系

收稿日期:2011-09-10;改回日期:2011-11-08。
作者简介:赵国顺(1963—),男,1985 年毕业于华东石油学院钻井工程专业,副经理,高级工程师,主要从事钻井技术管理与推广应用工作。
联系方式:(0996)2210708,jsfzb666@sohu.com。
基金项目:中国石化集团石油工程技术先导试验项目“巴麦地区深井钻井提速技术先导试验”(编号:SG10098)部分研究内容。

和奥陶系等地层,岩性和压力系统较为复杂。复杂的地质环境严重制约了该地区的钻探速度,急需开展技术攻关与现场试验。

1 钻井难点

由于巴麦地区地质条件极为复杂,给该地区钻井施工带来了一系列的技术难题,严重制约了巴麦地区的勘探开发进程^[1]。

1.1 新近系地层阻卡严重

新近系以上地层可钻性较好(可钻性级值3~5),机械钻速高(40 m/h),环空岩屑浓度高,在钻柱旋转作用下易粘附在井壁上造成人工缩径;该地层的砂岩层段易形成虚厚泥饼,泥岩层段水化膨胀性强,易发生缩径卡钻事故。在已完钻或正钻的9口开发评价井中,有5口井在新近系发生阻卡,其中BK2井处理阻卡事故用时27 d,占总复杂时间的47%;BK4H井处理阻卡用时4 d,占总复杂时间的55%。

1.2 二叠系、石炭系井壁稳定性差

二叠系和石炭系小海子组、卡拉沙依组为硬脆性地层,易垮塌掉块,卡钻频繁。在已完钻或正钻的15口井中,有7口井在钻进二叠系、石炭系地层时发生井壁失稳,其中BK2井、BK6井、BK8井和YB1井因井壁失稳,造成卡钻;BK3井因发生掉块,造成测井时间延长;YB1-1井和Y4井因二叠系地层井壁失稳造成填井侧钻。

1.3 石英砂岩发育,深部地层机械钻速低

巴麦地区深部地层石英砂岩发育,地层可钻性差(可钻性级值7.5~8.5),机械钻速低,钻头使用寿命短。单只PDC钻头平均寿命为58.46 h(与常规地层的牙轮钻头寿命相当),单只钻头平均进尺仅54.59 m,平均机械钻速1.05 m/h。

2 巴麦地区钻井提速关键技术

针对以上钻井技术难点,开展了强化水力参数优快钻井技术、难钻地层复合钻井技术和微裂缝地层井壁稳定技术研究,并在该地区进行了试验应用,取得了较好的提速效果。

2.1 强化水力参数优快钻井技术

2.1.1 24~26 MPa 高压喷射钻井技术

2010年,塔河油田进行了35 MPa高压喷射钻井试验,取得了较好的提速效果,但35 MPa高压喷射钻井对设备要求较高。采用20~22 MPa喷射钻井技术在钻进该地区中上部地层时因阻卡严重导致钻井时效较低(纯钻时效低于40%),钻进中下部地层时水力破岩能量不足(钻头压降在3 MPa以下)。为此,针对巴麦地区的地质特点,利用现有设备(70型钻机,1600型钻井泵),通过优化钻井参数,在YB1-1井、YB1-2X井和Y2井进行了24~26 MPa高压喷射钻井试验。

常规喷射钻井是采用最小排量,通过降低循环压耗,利用小喷嘴提高钻头压降和钻头水功率^[2]。而巴麦地区中上部地层极易发生阻卡,需要采用大排量来降低环空中的岩屑浓度,从而减少阻卡,因此在进行水力参数优化设计时,采用“强化水力参数+适当钻头压降”的方法进行水力参数优化设计。图1为水力参数优化设计框图,表1为巴麦地区高压喷射钻井水力参数优化设计结果。

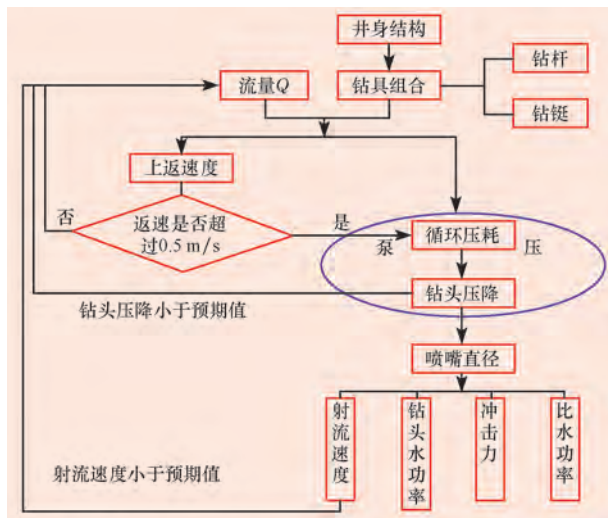


图1 水力参数优化设计框图

Fig. 1 Calculation process diagram for hydraulic parameters

高压喷射钻井与牙轮钻头配合在YB1-1井1 007~1 873 m井段和YB1-2X井1 500~2 578 m井段进行了试验,平均机械钻速28.24 m/h,与常规钻井技术(22.42 m/h)相比提高了25.96%。高压喷射钻井与PDC钻头配合在Y2井1 053~3 047 m井段和YB1-2X井1 873~3 200 m井段进行了试验,平均机械钻速11.82 m/h,与常规钻井技术(9.14 m/h)相比提高了29.32%。

表 1 巴麦地区高压喷射钻井水力参数优化设计结果

Table 1 Result of hydraulic parameters optimizing and design for high pressure jet drilling in Bamai Area

井深/m	泵压/MPa	排量/L·s ⁻¹	密度/kg·L ⁻¹	喷嘴		循环压降/MPa	钻头压降/MPa
				直径/mm	数量		
1 007~1 873	25.0	65	1.12	15.4/12.7	2/1	17.51	7.49
1 873~3 200	25.5	50	1.55	12.7	7	22.46	3.24

2.1.2 强化水力参数高效钻井技术

巴麦地区中上部地层可钻性好,机械钻速高,环空岩屑浓度较高,易发生阻卡,需要强化水力参数来防止阻卡。为此,该地区在钻进中上部地层时,采用 $\phi 139.7$ mm 钻杆降压增排技术和大排量高压高效钻井技术来解决中上部地层因排量不足引起的阻卡问题^[2]。

BK9H 井在井深 2 800.00 m 以浅井段使用 $\phi 127.0$ mm 钻杆,多次出现接单根困难问题,在钻至井深 3 071.00 m 时更换为 $\phi 139.7$ mm 钻杆并将排量由 38 L/s 提高至 45 L/s,问题得到根本解决。BK7 井在钻进 $\phi 311.1$ mm 井段时,使用了 $\phi 139.7$ mm 钻杆,钻进过程中接单根正常,短起下钻井眼通畅。

2011 年,在巴麦地区的 YB1-1 井、YB1-2X 井和 Y2 井开展了大排量高压高效钻井试验,二开短起下时间(47.0 h)较邻井(20~22 MPa)同井段(64.5 h)缩短 27.13%。

2.2 难钻地层复合钻井技术

2.2.1 钻头优选

利用灰色关联方法建立地层特性参数与钻头类型匹配关系,同时借鉴邻井实钻资料,对钻头进行了优选,结果为:二叠系、石炭系小海子组及卡拉沙依组地层掉块严重,用牙轮钻头作为过渡,其他层段均可使用 PDC 钻头;上部软一中硬地层使用 $\phi 19$ mm 大复合片 5 刀翼 PDC 钻头;硬地层使用 $\phi 13\sim\phi 16$ mm 复合片 5~6 刀翼 PDC 钻头;特硬地层或含细石英砂层使用 $\phi 8\sim\phi 13$ mm 复合片 6~7 刀翼 PDC 钻头。

BT7 井、YB1-1 井、YB1-2 井和 BT6 井在钻井时,根据钻头优选结果选用钻头, $\phi 311.1$ mm 井段平均机械钻速 5.4 m/h,与邻井同井段(4.2 m/h)相比提高了 28.57%; $\phi 215.9$ mm 井段平均机械钻速 1.30 m/h,与邻井同井段(0.91 m/h)相比提高了 43%。

2.2.2 螺杆复合钻井技术

针对钻井过程中由于螺杆选型不合理引起的断螺

杆事故,通过理论分析并根据不同地层物性特征、井眼尺寸、所用钻具组合,结合螺杆钻具转速和扭矩,优选出适合不同地层、不同井眼尺寸的螺杆类型,优选结果为: $\phi 311.1$ mm 井眼选用 5LZ244X7.0 型螺杆, $\phi 215.9$ mm 井眼选用 5LZ172X7.0 型和 5LZ165X7.0 型螺杆, $\phi 149.2$ mm 井眼选用 5LZ120X7.0 型螺杆。

YB1-1 井和 YB1-2 井在二开井段根据上述结果选用螺杆,平均机械钻速 6.04 m/h,与邻井相比提高了近 1 倍。BT7 井四开井段根据上述结果选用螺杆,机械钻速(0.97 m/h)与邻井 BT6 井(0.76 m/h)相比提高了 27.63%。

2.2.3 涡轮复合钻井技术

为提高巴麦地区高研磨性地层的钻井速度,针对巴麦地区的石炭系、奥陶系高研磨性地层,开展了高速涡轮和中速涡轮复合钻井试验。

由于涡轮钻具自身压耗比较高,在优化钻具组合时,采用复合钻具组合^[3-6]。为了充分发挥涡轮钻具水功率,对钻井液排量进行了优化。在排量一定条件下,涡轮钻具的扭矩与钻压密切相关,为了获得最大扭矩,对钻压进行了优化设计^[3]。利用优化结果在 BT5 井进行了“高速涡轮+孕镶金刚钻头”复合钻井试验,在 BT7 井进行了“中速涡轮+孕镶金刚钻头”复合钻井试验。

BT5 井的试验井段为 3 140.10~3 197.50 和 3 254.00~3 573.50 m,层位为奥陶系鹰山组。钻井参数:钻压 60~80 kN,转盘转速 45 r/min,排量 50 L/s,泵压 24 MPa。钻井液密度 1.20 kg/L,黏度 47 s,试验总进尺 376.90 m,纯钻时间 168 h,平均钻速 2.24 m/h,与牙轮钻头钻进的邻井段(0.91 m/h)相比,机械钻速提高了 146%,与螺杆复合钻进的邻井段(1.86 m/h)相比,机械钻速提高了 20%。

BT7 井的试验井段为 4 682.50~4 800.50 m,钻遇地层为石炭系巴楚组泥岩地层。钻井参数:钻压 30~40 kN,转速 50 r/min,排量 23~25 L/s,泵压 22 MPa。试验井段的机械钻速 1.34 m/h,与 BT6 井同井段“螺杆+PDC 钻头”复合钻井(1.08 m/h)相比,机械钻速提高了 24.1%。

2.3 微裂缝地层井壁稳定技术

巴麦地区二叠系玄武岩地层含有微裂缝,在钻井液液柱与地层压力差作用下,钻井液滤液侵入微裂缝,造成岩石有效应力降低,坍塌压力升高,导致井壁失稳^[7]。

利用室内模拟的方法,分析了微裂缝对孔隙压力、流体运移速度及岩石强度的影响。结果表明:微裂缝会加速压力和流体的传递速率(与孔隙相比可提高数十倍),且随着含水率的上升,微裂缝岩石强度急剧下降,岩石的最终强度仅为干燥岩石的10%。而近井壁孔隙压力、流体浓度上升和岩石强度下降,都会加剧近井壁岩石失稳。因此,要强化对微裂缝的封堵,以保持井壁稳定。

根据上述分析结果,提出了“强化裂缝封堵+合理密度支撑+降低滤液活度”的稳定微裂缝地层井壁的基本思路。依据上述思路,探索出了适用于微裂缝地层的钻井液基本配方及封堵材料。钻井液基本配方为3.5%~4.5%膨润土+0.1%~0.3%NaOH+0.5%~1.0%LV-CMC/LP+0.1%~0.3%KPAM/P+2.0%~4.0%SMP-1+2.0%~4.0%SPNH+3.0%~5.0%KCl+0.5%~1.0%DS-302+2.0%~3.0%SY-A01+1.0%~2.0%FD-1+0.5%~1.0%非渗透处理剂+1%QS-2+2.0%~5.0%原油。合理控制钻井液密度:鹰山组1.30 kg/L左右,开派兹雷克组1.45 kg/L左右。强化对地层微裂缝的封堵:加入足量低荧光乳化沥青,控制滤失量;加强对钻井液膨润土含量的测定,使用抗温性能好的处理剂。同时制订了稳定微裂缝地层井壁的技术措施:钻至易塌井段前,甩掉稳定器,装上震击器;避免在易垮塌井段进行定点循环;选用合适的钻压与转速;遇到异常情况停钻分析。YB1-2X井直井段、YB1-1井定向段、BT6井和BT7井奥陶系火成岩段应用了微裂缝地层井壁稳定技术,未出现井壁失稳问题。

3 结论与建议

1) 巴麦地区是勘探开发新区,钻井地质环境较为复杂,需要针对上第三系以上地层阻卡严重、二叠系和石炭系井壁稳定性差、深部地层机械钻速低等主要钻井技术难点开展技术攻关与现场试验。

2) 针对巴麦地区钻井技术难点,开展了高压喷

射钻井技术、难钻地层复合钻井技术(钻头优选、螺杆复合钻井技术和涡轮复合钻井技术)和微裂缝地层井壁稳定技术的研究与现场试验,提速明显。

3) 巴麦地区钻井地质环境复杂,建议加大地质环境认识,为钻井提速技术优选提供依据;引进其他地区成熟钻井技术,最大程度地实现巴麦地区提速;建立技术、安全和管理一体化的提速理念,实现综合提速。

参考文献

References

- [1] 王兴武,赵国顺,孙雪,等.巴楚探区深井钻井难点分析与技术对策[J].石油钻采工艺,2011,33(3):1-4.
Wang Xingwu,Zhao Guoshun,Sun Xue,et al. Technical countermeasures and analysis on deep well drilling difficulties in Bachu exploration block[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2011, 33(3): 1-4.
- [2] 张广峰,易灿,闫振来.基于水力能量利用效率的超深井钻井提速技术[J].石油钻采工艺,2009,31(5):33-35.
Zhang Guangfeng,Yi Can,Yan Zhenlai. ROP increasing method based on the utilization efficiency of hydraulic power for the ultra-deep wells[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2009, 31(5): 33-35.
- [3] 董明键,肖新磊,边培明.复合钻井技术在元坝地区陆相地层中的应用[J].石油钻探技术,2010,38(4):38-40.
Dong Mingjian,Xiao Xinlei,Bian Peiming. Application of compound drilling techniques in terrestrial formation in Yuanba Area[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2010, 38(4): 38-40.
- [4] 李伟廷.元坝1井超深井钻井技术[J].石油钻探技术,2009,37(2):94-99.
Li Weiting. Ultra-deep drilling technologies used on Well Yuanba-1[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2009, 37(2): 94-99.
- [5] 蒋祖军,肖国益,李群生.川西深井提高钻井速度配套技术[J].石油钻探技术,2010,38(4):30-34.
Jiang Zujun,Xiao Guoyi,Li Qunsheng. Technology to increase deep well drilling speed in Western Sichuan[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2010, 38(4): 30-34.
- [6] 高航献,瞿佳,曾鹏辉.元坝地区钻井提速探索与实践[J].石油钻探技术,2010,38(4):26-29.
Gao Hangxian,Qu Jia,Zeng Penghui. Research and practice to improve drilling speed in Yuanba Area[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2010, 38(4): 26-29.
- [7] 蒋金宝.西部深层钻井提速关键技术研究[D].濮阳:中原石油勘探局博士后工作站,2011.
Jiang Jinbao. Key drilling speed enhancement technology for deep layer in West Area[D]. Puyang: Zhongyuan Petroleum Exploration Bureau, Postdoctoral Workstation, 2011.