

涡轮钻具在麦1区安全应用可行性评价

潘丽娟, 刘彪

(中国石油化工股份有限公司西北油田分公司工程技术研究院, 乌鲁木齐 830011)

摘要:为达到提速提效的目的,计划在麦盖提1区运用涡轮钻井工艺,然而该区开派兹雷克组火成岩地层机械钻速低,部分井段易坍塌掉块容易引起卡钻,因此需要对其可行性进行论证。通过分析火成岩掉块大小、坍塌时间、测井曲线等资料,了解坍塌周期、掉块岩屑尺寸和数量比例,确定掉块井段,并根据麦1区井身结构要求,从优化钻具组合与携岩角度出发,分析采用139.7 mm钻杆在钻井泵泵压允许条件下,降低循环压耗,提高环空返速,确定掉块岩屑安全携带出井的极限井深和排量,降低掉块导致卡钻风险的问题。实现了涡轮钻具在火成岩地层安全快速钻井的目的。

关键词:压耗;涡轮钻具;钻井坍塌;携岩;麦1区;塔河油田

中图分类号:TE242.4

文献标识码:A

Feasibility assessment of safe application of turbine drill in block Mai 1

Pan Lijuan, Liu Biao

(Institute of Engineering Technology, SINOPEC Northwest Oilfield Company, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: The technique of turbine drill has been planned to apply in block Mai 1 in order to improve production efficiency; however, due to the low ROP in igneous rocks in the Kaipazileik Formation, collapse may happen in some wells and cause drilling stuck. So it is necessary to carry out a feasibility assessment. Through the analysis of igneous rock size, falling collapse time and log data, the debris falling collapse cycle, size and quantity proportion have been realized and the falling well section has been defined. According to the request of well bore structure of block Mai 1, from the viewpoints of optimizing assembly and carrying rock, we analyze how to use 139.7 mm drill pipe under the condition of pump pressure to allow and reduce circulating pressure loss, improve annular return velocity, determine debris falling security to carry out the limit of well depth and pump rate, and finally reduce the risk of drilling stuck. The purpose of using turbine drill in igneous rock formation drilling safely and quickly has been achieved.

Key words: pressure loss; turbine drill; well collapse; carry rock; block Mai 1; Tahe Oil Field

涡轮钻具优点是转速高、耐高温,与抗研磨性强的孕镶金刚石钻头配合使用提速效果明显。根据邻区块使用效果来看,在麦盖提区块使用涡轮钻具可以提高机械钻速99.5%。然而,复氏涡轮钻具^[1]工作压降大(6~12 MPa),造成施工泵压高,限制了其使用井深。同时,涡轮钻具由于转速高,为维持钻进过程中的稳定性,一般要安装稳定器,使之成为满眼钻具。而麦盖提区块三开井段开派兹雷克组(P_{2kp})为火成岩,库普库兹满组(P_{2kk})为泥岩,均易坍塌,目前的钻井液体系与密度不能完全解决该问题。为达到提速提效的目的,采用优化钻具组合、分析泵压大小以及掉块尺寸及频度,从而确定安全钻井需要的排量。

1 地层岩石特性分析

1.1 井壁坍塌情况分析

1.1.1 密度的确定

井径扩大与井壁稳定关系密切,而研究井壁稳定采用的方式多从地应力和钻井液体系两方面进行研究^[2],而该项研究尚处于发展阶段,实际处理过程中存在一定局限性。因此,只有对已钻井的钻井液情况进行分析,才能在现有钻井液体系下,找到合适的减小井径扩大的钻井液密度。

为确定维持井壁稳定的钻井液密度,麦1区2011年5月前尝试采用不同的钻井液密度控制井壁坍塌情况。已钻井YB1、YB1-1和YB3井均采用KCl聚磺钻井液体系。通过对比钻井液密度与井

径扩大率关系表明, YB1 井开派兹雷克组钻井液密度从 1.35 g/cm³ 提高到 1.42 g/cm³ 和 1.55 g/cm³ 过程中, 平均井径扩大率由 33.05% 减小到 23.62% 和 13.25%; 而 YB3 和 YB1-1 井钻井液密度由 1.35 g/cm³ 提高到 1.42 g/cm³ 过程中, 库普库兹满组井径扩大率约为 14.56% 和 13.56%; 南闸组 (P_{1n}) 和小海子组 (C_{2x}) 密度增加前后, 井径扩大率约为 8.25%。因此, 三开井段易坍塌地层为开派兹雷克组与库普库兹满组; 同时, 说明不同层位钻井液密度的提高不一定能减小井径扩大。

1.1.2 掉块特征分析

根据对麦 1 区 6 口井 (YB1-4、YB1-5、YB5、YB7、YB9、YB1-3H) 测井资料、岩性描述、岩石理化特征^[2] 以及地应力状态分析表明, 三开井段开派兹雷克组与库普库兹满组为易塌地层, 前者坍塌特征是火成岩掉块位置主要集中在层位变化交界面, 掉块岩屑尺寸多数为 30 mm×23 mm, 最大为 35 mm×25 mm, 但量少, 占整个层位的 1.85%; 后者为泥岩掉块, 尺寸约 10 mm×10 mm, 但量较大, 占整个层位的 38.35%, 坍塌分布位置在全井段都有发现, 表现出地层非均质强、结构较破碎。

1.2 地层岩石强度参数及特性分析

麦盖提 1 区三开钻遇地层为沙井子组 (P_{3s})、开派兹雷克组、库普库兹满组、南闸组、小海子组、卡拉沙依组 (C_{1kl})、巴楚组 (C_{1b}), 通过对麦盖提 1 区已钻井测井资料分析计算以及实钻过程分析, 目前该区地层特性如表 1 所示。

由表 1 可知, 从 P_{3s} 以下地层, 岩石抗压强度高, 研磨性强, 机械钻速偏低; 从 P_{2kp} 到 C_{2x} 井段, 可钻性相对均一, 约为 5~7, 适合涡轮钻具稳定使用。同时, P_{2kp} 和 P_{1kk} 坍塌周期在 4 d 左右, 对涡轮钻具安全钻完全井段存在一定影响。

2 涡轮运用的效果

2.1 玉北 4 井涡轮使用失败原因

麦盖提区块仅 1 口井 YB4 井 (麦盖提 2 区) 使

用了涡轮钻具, 受掉块影响在井段 3 872~4 934 m 分 4 次入井, 使用总段长 829.8 m, 平均机械钻速 2.30 m/h, 钻井指标良好, 但是在井深 4 934 m, 采用钻井液密度 1.45 g/cm³ 钻井过程中因掉块导致卡钻。

针对 YB4 井涡轮钻井失败, 总结为以下 3 方面原因: (1) 地层方面原因, 库普库兹满组 4 858~4 876 m 井段深灰色辉绿岩稳定性差, 钻进过程中掉块严重, 库普库兹满组掉块诱发上部开派兹雷克组火成岩地层掉块, 大的掉块持续堆积在涡轮 2 个扶正器之间及下扶正器与钻头之间, 造成转动磨阻增大, 上提下放遇阻, 环空不畅, 泵压升高。(2) 钻井液方面, 由于本井为预探井, 对该区块的构造应力的分布状态不熟悉, 钻井过程中采用最大钻井液密度 1.45 g/cm³, 后期经过研究该区采用 KCl 聚磺钻井液体系, 坍塌应力系数不低于 1.48 g/cm³, 故该钻井液密度不足以平衡地层坍塌应力造成的井壁失稳; 同时, 钻井过程中要求钻井液中压失水小于 4 mL, 而实钻过程中钻井液失水达 8 mL。(3) 水力参数方面, 钻井过程中钻具有泥包现象, 排量 25~27 L/s 时出现蹩泵, 主要原因为钻进速度快, 所采用的排量不足以将大量的岩屑携带出井, 导致沉淀在井底造成扭矩增大、蹩停转盘。

2.2 涡轮钻井指标预测

麦盖提 1 区所钻井 YB6A、YB7、YB5、YB1-3H、YB9、YB1-4 从开派兹雷克组到小海子组底界, 厚度为 396~593 m, 钻井时效在 47.5%~61.17% 之间, 起下钻 6~9 趟, 机械钻速 1.04~1.39 m/h, 钻井周期 22~30.96 d。按平均值计算, 井段平均段长 544 m, 若按 YB4 涡轮+孕镶金刚石钻头使用情况计算, 纯钻时间即 236.5 h, 满足涡轮及孕镶金刚石钻头一趟钻使用时间; 按纯钻时效 70.30% 计算, 钻井周期 14.02 d, 预计至少可以节约周期 53.82%。

3 提高排量的技术措施

就涡轮钻井工艺而言, 一方面涡轮压降大需确

表 1 麦 1 区三开井段地层特性参数

Table 1 Formation parameters of well section number 3 in block Mai 1

地层	井深/m	抗压强度/MPa	硬度/MPa	内摩擦角/(°)	可钻性级值	机械钻速 (m·h ⁻¹)	坍塌周期/d	岩性	
二叠系	P _{3s}	4 177~4 812	35~105	400~1300	34~41	3~5	2.14~3.11	35~45	泥岩、砂岩
	P _{2kp}	4 473~5 060	50~245	800~2 400	38~47	5~7	1.25~1.65	4~8	火成岩
	P _{1kk}	4 580~5 194	25~70	400~1 200	34~40	3~5	0.97~1.73	4~10	泥岩
	P _{1n}	4 694~5 319	30~245	700~1 800	38~42	5~6	1.31~2.56	25~30	泥岩、灰岩
石炭系	C _{2x}	4 735~5 365	50~210	700~1 800	38~42	5~6	1.61~1.94		泥岩、灰岩
	C _{1kl}	5 064~5 718	50~210	700~1 600	35~41	5~7	1.12~1.98		灰岩、泥岩
	C _{1b}	5 105~5 943	80~245	1 600~2 200	41~45	6~7	1.16~2.78		灰岩、泥岩

表 2 基础数据表
Table 2 Basic data

基础数据	YB1-4 井/YB1-5 井	YB9 井/YB5 井
部分井身结构	一开:Φ444.5×1 000+Φ339.7×998 二开:Φ311.2×3 429/3 515+(Φ244.5×3 251/ 3 340+Φ265.13×(3 251/3 340-3 427/3 513)) 三开:Φ215.9×5 050/5 182	一开:Φ444.5×1 000+Φ339.7×998/999.2 二开:Φ311.2×4 573/3 852+Φ244.5×4 571/3 850.24 三开:Φ215.9×6 709/5 903
钻井液	密度 1.55 g/cm ³ ; 动切力 10 Pa; 塑黏 25 mPa·s	密度 1.50/1.57 g/cm ³ ; 动切力 9/11 Pa; 塑黏 26 mPa·s
井深/m	4 682/4 834	5 744/5 145
钻具组合	215.9 mm 钻头+ 158.8 mm 钻铤 2 根+214 mm 扶正器+ 158.8 mm 钻铤 19 根+158.8 mm 随钻震击器+158.8 mm 钻铤 2 根+127 mm 加重钻杆 15 根+127 mm 钻杆	
	215.9 mm 钻头+ 158.8 mm 钻铤 2 根+214 mm 扶正器+ 158.8 mm 钻铤 19 根+158.8 mm 随钻震击器+158.8 mm 钻铤 2 根+127 mm 钻杆+139.7 mm 钻杆(上开次套管内)	

定使用井段,降低排量以满足额定泵压钻井要求,另一方面要求排量合适满足携岩要求预防卡钻。为协调两者关系,在钻井液性能确定下,需要控制排量、钻具组合以及使用井深,以达到额定泵压下保持足够的环空返速。

3.1 两种尺寸钻杆压耗与排量对比

选取 YB1-4、YB1-5、YB5、YB9 井(表 2),分别计算使用 127 mm 和 127 mm+139.7 mm 钻杆,循环压耗的变化分析排量大小。涡轮压降按定值 7.5 MPa 考虑,流体压耗采用宾汉流体模型^[3]计算。经过对不同井深使用的钻具组合压耗计算,并通过插值法整理分析,结果如表 3 所示,临界压耗 16 MPa(按最高泵压 24 MPa,假设涡轮压降 7.5 MPa,钻头压降 0.5 MPa)时,各井的临界排量如表 4。

计算表明:139.7 mm 钻杆相对 127 mm 钻杆,能降低循环压耗 1.7 ~ 3.2 MPa;循环压耗为 16 MPa 时,增加排量 3.5 L/s 左右。

表 3 139.7 mm 钻杆相对 127 mm 钻杆压耗减少值
Table 3 Decrease of pressure loss using 139.7 mm drill pipe vs. 127 mm drill pipe MPa

排量/ (L·s ⁻¹)	YB1-4 井	YB9 井	YB1-5 井	YB5 井
25	1.73	2.17	2.61	1.93
26	1.93	2.40	2.80	2.15
27	2.12	2.63	3.01	2.36
28	2.33	2.86	3.21	2.59

表 4 循环压耗在临界值 16 MPa 时对应的排量

Table 4 Corresponding pump rate of circulating pressure loss at 16 MPa L/s

钻杆尺寸/ mm	YB1-4 井	YB9 井	YB1-5 井	YB5 井
127	24.8	22.4	24.3	22.6
127+139.7	28.7	25.9	28.1	26.0
排量增加值	3.9	3.5	3.7	3.4

3.2 岩屑尺寸对携岩的影响

现场收集 30 块掉块岩屑,平均长度 32 mm,平均宽度 24 mm,平均厚度 8.5 mm,折算为当量尺寸 24.3 mm;最大折算当量尺寸 33.7 mm;玄武岩密度 2.85 ~ 2.95 g/cm³,机械钻速 2.30 m/h,球形系数 0.81。

按表 2 中 YB1-4 井基础数据,利用球形系数^[4]理论,将岩屑折算为球形尺寸进行研究。采用斯托克定律^[5],分析掉块从井底运动到井口过程中的速度以及钻井液的携带能力,认识不同岩屑尺寸对携岩效果的影响。

使用 127 mm 钻杆时,最大排量 24.8 L/s,岩屑直径分别按 5,24.3,33.7 mm 计算可知,携岩效率由 90% 以上下降为 60% 以下,不能将所有掉块携带出井(图 1)。

由图 2 分析认为:(1)使用 139.7 mm 钻杆时,YB1-4 和 YB9 井携岩效果对比,可知相同排量下,携岩效率基本一致,因此影响其携岩效率因素主要在排量的大小。(2)使用 139.7 mm 钻杆时,岩屑当量直径从 5 mm 到 34.7 mm,随排量 25.7 ~ 28.7 L/s 变化过程中,携岩效率在 55% ~ 92%,因此,推荐排量不小于 26 L/s,可以将全部岩屑携带出井。(3)结合表 3、4 可知,三开井深 5 000 m 以内,使用涡轮钻具,最低排量不低于 26 L/s,可以满足泵压以及携岩的要求(YB1-4 井和 YB1-5 井)。

4 结论和认识

1)就目前工区使用泥浆泵的配置,玉北 1 断隆带 P₂kp-C₂x 地层浅,循环压耗低,井深 5 000 m 以内,利用 139.7 mm 钻杆,排量不低于 26 L/s,可以达到使用涡轮钻具的要求。

2)本文讨论的岩屑尺寸为目前麦 1 区收集到的岩屑尺寸,若井壁坍塌情况比已钻情况更严重,

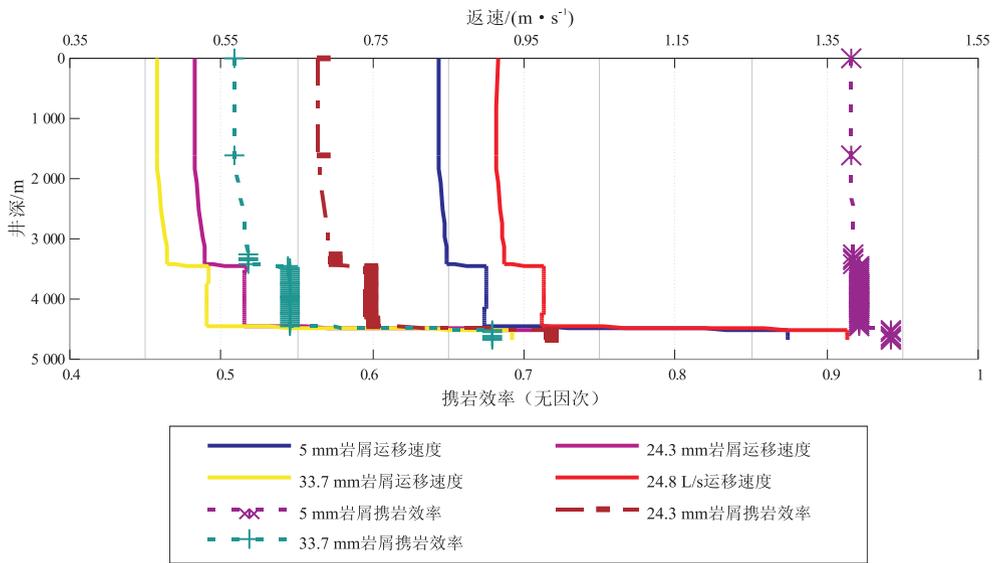


图1 127 mm 钻杆携岩效率分析

Fig.1 Efficiency of bringing cuttings with 127 mm drill pipe

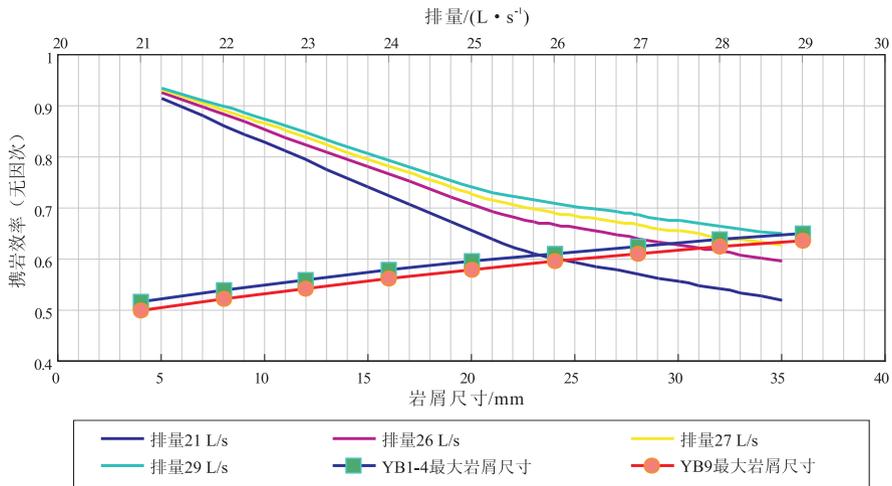


图2 127+139.7 mm 钻杆携岩效率分析

Fig.2 Efficiency of bringing cuttings with 127 mm+139.7 mm drill pipes

岩屑尺寸或许更大,推荐的排量将不再满足要求。

参考文献:

[1] 陈天成,白彬珍. 涡轮钻井技术适应性分析与应用探析[J]. 钻采工艺,2010,33(6):1-5.
 [2] 郭小勇. 火成岩地层井壁稳定技术研究进展[J]. 重庆科技学院学报,2009,11(6):42-44.

[3] 孙维林. 岩屑上升速度的计算[J]. 石油钻采工艺,1984,5(4):21-27.
 [4] Sommerfield J T. Equation for Fluid Friction Factor[J]. Oil and Gas Journal,1967,16(17).
 [5] 周凤石. 岩屑沉降速度的理论计算及其在钻井中的应用[J]. 石油大学学报:自然科学版,1970,26(2):14-29.

(编辑 徐文明)