

优快钻井技术在致密气藏宋深区块的应用

王许艳*,刘保波,王洪军,迟家俊,周国伟

(大庆钻探致密气项目经理部,黑龙江 大庆 163411)

摘 要:徐家围子宋深地区钻探工作始于1995年,自2010年以来就沙河子组致密低渗气藏均未曾有有效动用,针对目前日益激烈的能源需求,致密低渗气藏将成为徐深气田重要的勘探接替能源区块之一,但由于该区块营城组及沙河子组地层倾向及倾角影响、砾石发育,始终制约着高效钻完井;通过近几年的钻井施工,取得了一定的施工经验,通过地质工程一体化,结合地层因素及影响钻速的因素进行分析总结,找出对策,将对该区块后续高效钻完井施工具有重要的指导意义。

关键词:致密气藏;影响因素;提速技术

中图分类号:TE242 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-5716(2025)01-0059-03

该区块2010~2020年末累计钻井11口,累计进尺46343m,平均井深4213m,全井平均钻速3.68m/h,平均钻井周期132.28d。虽提速效果较好,但由于受到地层因素的制约,单井仍存在井斜控制难度大、PDC钻头使用受限,导致钻速慢、周期长,使得钻井提速配套技术应用受到限制,整体上提速效果不理想,所以该区块仍需开展深层钻井提速技术应用研究。

1 宋深区块钻井施工难点

宋深致密低渗气藏位于松辽盆地东南断陷区徐家围子断陷安达凹陷,深层构造表现为近北北西走向的东西分带、南北分块的构造格局。安达凹陷位于徐家围子断陷的北部,是由徐西断裂控制的西断东超的小型箕状断陷,面积约950km²。地质分层自上而下分别为嫩江组、姚家组、青山口组、泉头组、登娄库组、营城组、沙河子组、火石岭组。工程难点在青山口组表现为泥岩易剥落,造成井壁失稳垮塌、埋钻具、卡钻等风险,划眼处理复杂施工周期长;营城组、沙河子组等地层埋藏深,硬度高、可钻性级值高、地温梯度高且研磨性强,使用牙轮钻头平均寿命55.1h,平均钻速0.99m/h;应用

扭力冲击器配合常规PDC钻头,平均单只进尺193m、平均机械钻速1.85m/h,达到了一定的提速目的,但仍难以满足油气开发的需求。

2 影响钻速的因素分析

通过近几年的钻井施工,由于地质特点制约,致使钻井速度慢的主要因素有:井身结构、钻头类型、钻井方式、井斜控制、钻进参数、事故复杂、生产组织等一系列问题,造成宋深地区提速效果还没有完全显现。

2.1 井身结构

合理井身结构是提速的前提,2010~2022年末施工的13口井,其中标准井身结构有8口井,其中2口井调整了二开完钻井深,并配合提速钻井技术,通过数据对比可以发现(详见表1),井身结构调整后机械钻速提高324.36%,二开钻进周期缩短21.43d,提速效果显著。

2.2 钻头类型

宋深区块二开井段青山口组泥岩易膨胀缩径、剥落及垮塌易造成卡钻及复杂,造浆性强易泥包;泉头组及登娄库组泥岩深层岩性主要为砂砾岩和含砾砂岩,岩石硬度高、研磨性强,优选PDC钻头进尺占总进尺的

表1 井身结构与钻井速度对比

二完层位	口数	二开平均 井深(m)	平均 钻速(m/h)	平均 钻进周期(d)	三开平均 井深(m)	平均 钻进(m/h)	平均 钻进周期(d)	平均 建井
登二段	6	2696	6.65	27.02	4370	2.07	70.77	165.75
泉一段	2	2377	28.22	5.59	4600	6.64	37.06	101.87
对比		-319	+324.36%	-21.43	+230	220.77%	-33.71	-63.88

* 收稿日期:2023-05-05 修回日期:2023-05-05

第一作者简介:王许艳(1982-),女(汉族),河北安国人,工程师,现从事地质工程设计工作。

85.72%,但平均机械钻速较低,仅1.855m/h,且钻遇高研磨性地层仍需要使用牙轮钻头,影响钻头使用效率。近年来在不同开次先后试验了12-1/4" M1951、CK605、CK606和8-1/2" B425、M1965、M1665、DSX813、DD5560M-A1、Q613M等型号PDC钻头,平均机械钻速有一定的提高,但整体效果不理想,仍需要进一步优化钻头选型。

2.3 钻井方式

宋深区块有6口井应用了螺杆、涡轮和液动旋冲工具等钻井提速工具,进尺占比分别为5.8%、4.6%和45.5%。制约因素为:①宋深区块大部分岩性含砾,而PDC钻头对地层岩性的敏感性较强,不适合钻进砾石地层和软硬交错地层,造成复合片磨损严重,致使适合PDC钻头钻进井段有限,无法到达PDC钻头完钻;②牙轮钻头复合钻进,由于高转速旋转,影响钻头使用寿命,增加了起下钻时间,使得行程钻速低于常规钻进行程钻速。2018年施工的SS18井应用PDC配合液动旋冲工具进行提速钻井,机械钻速2.24m/h,进尺占例76.2%,机械钻速同比本井牙轮提高67.4%,由此看出PDC钻头仍有提速空间,且潜力巨大,需要进一步攻关。

2.4 井斜控制

影响宋深区块提速的又一主要矛盾是井斜控制难度大,常规控压及钻具组合手段无法高效做到防斜与打快。由于登楼库组以下地层的倾向及倾角影响,为了控制水平位移及井斜符合质量要求,常常通过起下钻更换单弯螺杆、采用钟摆钻具吊打纠斜,导致纯钻进时效低,影响了施工周期。2020年以前施工的11口井其中5口井采用钟摆钻具进行吊打纠斜,平均增加钻进时间3.5d,增加钻井费用约50万元,需要进一步探索防斜打快钻井技术,提高钻速效率,降低施工成本。

2.5 钻进参数

近年来提倡“三大两高”钻井参数,即大钻压、大扭矩、大排量;高转速、高泵压。实际施工中常常会受限于设备的保障能力,往往仅是适当地提高了其中的一两个参数,导致提速效果并不明显,不能达到射流破岩和井筒净化效果,存在重复破碎的现象,极大地影响了机械钻速的提高。从该区块深层岩石硬度、可钻性上看,适合强化钻进参数施工。

2.6 事故复杂

通过统计,宋深区块施工有6口井发生井漏、卡钻、气侵及断钻具等事故累计28次,主要是由于营城组及

沙河子组地层存在微裂缝、断层及破碎带,钻进过程中,导致井漏、井塌、沉砂卡钻等事故,增加了钻井时间。从事故统计来看,平均单井损失约1.5d时间。

2.7 生产组织

深层钻井施工周期长,工序转换频繁,因此在生产组织衔接方面存在一定的不足,通过统计,每口井在施工过程中因工序衔接问题,平均单井等停时间约1d,因此要进一步加强生产组织管理,提高工序转换效率,进一步缩短钻井时间。

3 对策及建议

3.1 优化井身结构

近三年已经调整技术套管完井深度的井身结构进行施工,完成井实钻结果表明,泉一段以下地层比较稳定,能够满足油层套管的裸眼段施工,建议5000m左右的深井二开在泉一段完钻的井身结构,即一开采用 $\varnothing 444.5\text{mm}$ 井眼,下 $\varnothing 339.7\text{mm}$ 套管,二开采用 $\varnothing 311.2\text{mm}$ 井眼,下 $\varnothing 244.5\text{mm}$ 套管。三开采用 $\varnothing 215.9\text{mm}$ 井眼,下 $\varnothing 139.7\text{mm}$ 套管。一开封固住明水组上部疏松地层及水层;简二开封固青山口组及泉头组上部不稳定地层,达到提高钻速、缩短钻井周期的目的。

3.2 优选适合深层PDC钻头

结合营城组及沙河子组以下岩性特点,改进钻头冠部形状、刀翼数量、选用异形切削齿、并提高布齿密度及加工工艺、选择更加富有攻击力的布齿角度,优化喷嘴数量和水力参数,开展现场试验,进一步拓宽了PDC钻头应用空间,确保异形齿PDC钻头满足深层钻井提速需要。实钻中通过加强地质调查和岩性跟踪对比分析,采用常规齿与异形齿相结合的方式,扩大了PDC钻头适用范围,近三年宋深区块深层可以达到PDC钻头完钻,且刷新单只钻头最高进尺纪录,达到869.15m,极大地提高了机械钻速及行程钻速,大幅度缩短了钻井周期,由平均的132.28d缩短到目前的64.57d,降幅比例达104.86%。

3.3 推广复合钻井提速模式

近三年,宋深区块在二开及三开井段,应用高转速螺杆配合PDC钻头,二开井段实现了一趟钻完钻,进尺2000m,机械钻速达34.17m/h,与常规PDC钻头转盘钻进相比,机械钻速提高了144.2%;三开井段应用大扭矩中空螺杆配合PDC钻头及提速工具进行综合应用,平均单只钻头进尺340.56m,平均机械钻速6.61m/h,相比常规PDC钻头钻速提高96.14%(见图1)。因此建议今

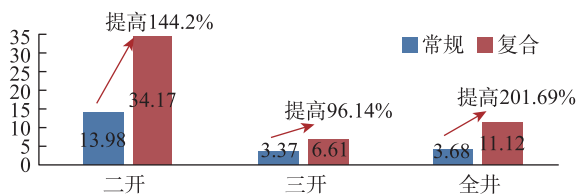


图1 复合与常规钻进钻速对比图

后宋深区块深层井全部采用螺杆+PDC进行复合钻井,并根据地层岩性情况,配套应用相应的提速工具,扩大复合钻井提速模式,达到宋深深层钻井提速效果。

3.4 应用配套提速工具

水平井后期施工过程中出现高摩阻,钻具不能滑动下放到井底,严重托压导致钻压加不到钻头、施工扭矩达33kN·m以上,顶驱频繁憋停,且钻具在大扭矩的负荷下极易发生疲劳断钻具事故,针对此种情况,配套应用了水力振荡器及恒压恒扭工具,通过增加下部钻具在周向和轴向上的震动,破坏钻具与井壁的黏滞作

用,从而达到降低钻具摩阻的效果。2022年施工的SS9-P5井在水平段应用该配套工具后,摩阻及扭矩均降低均达到30%左右,达到了水平井提速的目的。

3.5 全井实时监控井斜

近三年通过在宋深区块深层钻井采用随钻MWD监控井斜,发现井斜及水平位移增长趋势加剧,及时通过螺杆进行纠斜钻井,避免了起下钻更换钻具组合及控压吊打,2口井在防斜打快方面同比常规纠斜钻井方式缩短了约2.8d,达到了缩短钻井周期,提高井眼平滑,同时避免发生井下复杂状况,从而保证了井身质量的目的。

3.6 强化钻进参数

近三年来,在宋深区块二开及三开井段分别强化了PDC钻头钻井参数强化(详见表2),全井平均机械钻速相比常规钻井提高了201.69%(见图1),今后应继续在设备、井身质量允许范围内,强化钻井参数,提高全井钻速。

表2 二开及三开井段强化后钻井参数

类别	井眼(mm)	钻压(kN)	排量(L/s)	扭矩(kN·m)	转速(r/min)	泵压(MPa)
强化	311.2	60~140	65~76	10~20	70~90	11~26
参数	215.9	80~130	35~37	15~30	65~70	22~27

3.7 改善钻井液性能

提高井壁稳定性:改善钻井液性能,进入青山口组前150m使用非渗透封堵剂,对地层孔隙进行封堵,使地层稳定。实际操作上,控制起钻速度,防止由于抽吸压力过大,降低液柱对地层的压力,导致井壁失稳。

增加润滑性:在深层水平井施工过程中,由于水平段岩性复杂,泥煤互层且频繁出现,导致摩阻急剧增长,提高钻井液润滑油含量,由设计的3.5%提高到5%,增加泥饼的润滑系数,降低钻具摩阻,降低粘卡事故发生概率。

3.8 事故复杂预防措施

落实事故预防措施:一是优化三开钻具组合,应用加重钻杆替代大钻具,从而增加钻具的柔韧性,避免了因大钻具疲劳导致断钻具事故发生;二是坚持长短起、划眼等配套措施。通过钻头优选,单只钻头进尺300~500m,钻进施工周期长,为了修整井壁及预防缩径,制定相应的长短起技术措施;三是制定深层致密低渗气藏煤泥互层钻井安全配套技术措施,开展相应的培训工作传达到每个技术管理及现场的操作人员,严格落实技术措施。通过以上措施的执行,SS9-P5井水平段

累计发生23次卡钻征兆,现场均得以安全高效解除卡钻风险,达到了安全钻井施工的目的。

3.9 提高管理效率

针对深层钻井施工工序频繁转换的特点,制定了相应各工序的标准化作业时间表,通过开展班组间竞赛,激发各操作岗位的主观能动性,从而达到强化生产组织及缩短各工序衔接转换时间,极大地提高了生产时效,同时缩短钻前准备及完井阶段的等停时间,使生产时间达到97%以上。

宋深区块致密低渗气藏是徐深气田接替能源的重点勘探开发区块之一,降本增效、提速上产的工作任务十分艰巨,通过以上因素分析及解决方法,今后将在实际施工中进一步积累经验,攻克制约钻井速度和质量难题,圆满完成钻井施工任务。通过努力,初步形成了宋深区块致密低渗气藏高效钻完井配套技术,为加快勘探步伐提供有力的技术支撑。

参考文献:

[1] 王建党,万建仓,等.钻井工程[M].石油工业出版社,2008.