

昌页参 1 井钻井技术

郑宇轩¹, 谭现锋¹, 赵长亮¹, 王勇军¹, 李青梅²

(1. 山东省鲁北地质工程勘察院, 山东 德州 253000; 2. 山东省地质测绘院, 山东 济南 250000)

摘要:昌页参 1 井终孔深度 3204.72 m, 揭露地层较为复杂, 取心段较长。本文从井身结构、钻具组合、钻探设备、钻头和钻进参数、钻井液等方面对钻井施工情况进行了阐述。重点介绍了保证高岩心采取率的方法, 以及氯化钾泥浆体系和复合钻进技术在页岩气钻井中的应用。

关键词:页岩气参数井; 钻井; 岩心采取率; 氯化钾泥浆; 复合钻进

中图分类号: P634 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2016)07-0080-04

Drilling Technology for Changye Well - 1 in Shale Gas/ZHENG Yu-xuan¹, TAN Xian-feng¹, ZHAO Chang-liang¹, WANG Yong-jun¹, LI Qing-mei² (1. Shandong Province Lubei Geo-engineering Exploration Institute, Dezhou Shandong 253015, China; 2. Geological Surveying and Mapping Institute of Shandong Province, Jinan Shandong 250000, China)

Abstract: The final hole depth of ChangYe parameter well - 1 is 3204.72m with complex formation and long coring section. The drilling construction is elaborated in well structure, drilling tools assembly, drilling equipment, bit drilling parameters and drilling fluid. This paper mainly introduces the methods of ensuring the high coring rate and the application of potassium chloride mud system and composite drilling technologies in shale gas drilling.

Key words: shale gas parameter well; drilling; core recovery rate; potassium chloride mud; composite drilling

1 工程概况

1.1 地理位置

昌页参 1 井全称昌潍凹陷页岩气资源潜力调查评价项目参数 1 井, 是由山东省国土资源厅《关于下达 2013 年度省级整装勘查区地质勘查项目和页岩气调查评价项目计划的通知》(鲁国土资字[2013]1170 号)下达的地质勘查项目, 项目任务书编号为: 鲁勘字(2013)2 号。井位布设于昌潍凹陷的潍北潜凹陷内, 地理位置位于山东省昌邑市龙池镇, 区内交通便利。

1.2 地层及岩性

区内地层主要发育有白垩系、古近系、新近系和第四系, 其中古近系孔店组二段上亚段是本次勘查的目标层段, 暗色泥页岩集中分布, 有机质含量丰富, 是页岩气生、储的最佳层位(见表 1)。

1.3 钻孔主要参数

钻孔参数在原钻井设计基础上根据实钻地层划分情况及地质取资料要求略作调整。

(1) 设计井深 3200 m, 实钻井深 3204.75 m。

(2) 孔斜要求: 终孔不大于 3°; 实钻孔斜: 终孔

表 1 昌页参 1 井实钻地层及岩性情况

地层	底板埋深/m	岩 性
第四系(Q)	460	浅黄棕色砂、砾及粘土
新近系(N)	1300	明化镇组为棕黄色、棕红色砂岩、含砾砂岩夹薄层白色泥岩; 馆陶组为灰绿、灰白色砂岩、含砾砂岩夹棕红、灰绿色泥岩
沙河街组(E _{2-3s})	1486	灰、灰绿色泥岩、粉砂岩及砂岩, 夹少量石灰岩和油页岩
孔店组一段(E _{1k} ¹)	2566	棕红、紫红色砂岩, 砂岩为泥质、灰质、钙质和白云质胶结
孔店组二段(E _{1k} ²)	3204.75	暗色泥岩为主, 夹有砂岩及炭质泥岩、油页岩

井斜 1.73°, 方位为 146.54°, 百米井斜变化率小于 1°。

(3) 取心: 2700 ~ 2910 m 井段连续取心 210 m, 2910 ~ 3200 m 井段间隔取心, 累计 20 m, 岩心采取率大于 90%; 实钻取心: 2647.72 ~ 3094.87 m 井段累计取心 43 次, 取心进尺累计 373.23 m, 岩心长度累计 347.32 m, 岩心采取率 93.06%。

2 钻探设备及钻具

工程采用 TSJ3200 型加重型水井钻机, 施工能力 3500 m。主要钻探设备如表 2 所示。

收稿日期: 2015-12-23; 修回日期: 2016-06-14

作者简介: 郑宇轩, 男, 满族, 1984 年生, 从事大口径深孔钻探施工技术与生产管理工作, 山东省德州市大学东路 1499 号, 15963398031@163.com。

通讯作者: 李青梅, 女, 汉族, 1981 年生, 硕士, 化学工艺专业, qingmei16@163.com。

表 2 主要钻探设备配备表

名称	型号	数量
钻机	TSJ3200/445	1 台
钻塔	K41	1 架
泥浆泵	3NB-1300	1 台
钻杆	Ø127 mm/89 mm	3500 m
钻铤	Ø203/178/165/159/121 mm	240 m
取心钻具	川 6-3	2 套

3 井身结构及钻具组合

为实现高效安全钻进,根据工作区地质资料及项目任务的需求,对设计井身结构进行了调整。最终井身结构及钻具组合如表 3 所示。

4 主要钻井技术措施

4.1 一开井段(0~707 m)

表 3 昌页参一井井身结构及钻具组合

开次	井段/m	井径/mm	套管/mm	钻 具 组 合
一开	0~707	346	Ø273.1	Ø346 mm 钻头+Ø203 mm 钻铤 2 根+Ø345 mm 螺扶 1 个+Ø177.8 mm 钻铤 9 根+Ø127 mm 钻杆+133 mm×133 mm 主动方钻杆
二开	707~2543	215.9	Ø177.8	Ø215.9 mm 钻头+Ø165 mm 钻铤 2 根+Ø215 mm 螺扶 1 个+Ø159 mm 钻铤 9 根+Ø89 mm 钻杆+Ø127 mm 钻杆+133 mm×133 mm 主动钻杆
三开	2543~3204.75	152.4	裸眼	Ø152.4 mm 取心钻头+川 6-3 取心筒+Ø121 mm 钻铤+Ø89 mm 钻杆+Ø127 mm 钻杆+133 mm×133 mm 主动钻杆

一开井段所钻地层为第四系及新近系明化镇组,采用 Ø346 mm 钢齿牙轮钻头,泥浆正循环回转钻进。下入套管型号 Ø273.1 mm×10.16 mm。本井段地层松散,井眼较大,岩屑携带困难,并且本井井斜要求严格,开孔保直是后续开次顺利施工的前提。采取的重点技术措施如下。

(1) 配膨润土浆开钻,配方为:淡水 50 m³+0.3%纯碱+5%膨润土。膨润土预水化 24 h 备用。在预水化好的膨润土浆中加入 0.3% HV-CMC 搅拌均匀。钻进中均匀补充 0.8% 聚合物胶液,提高钻井液的悬浮能力和抑制性。本段井眼较大,钻井液主要以携带岩屑、稳定井壁、防渗漏、确保安全钻进为目的。

(2) 开孔的关键是保直,方钻杆接钻头,钻压小于 10 kN,接钻铤后钻压可适当加大。

(3) 在开泵和起下钻过程中,要平稳操作,尽量减少定点循环,防止引起井漏、井壁坍塌、卡钻等复杂情况。

(4) 钻完进尺后,适当提高钻井液的粘度、切力,进一步提高其悬浮能力,确保下套管及固井作业施工顺利。下 Ø273.1 mm 套管时,用液压套管钳上扣到规定扭矩。套管须坐实于泥岩段且不留缝隙。

(5) 套管下完后须使其居中并按固井程序用水泥固好,以利于以后钻进和安装井口。

4.2 二开井段(707~2543 m)

二开井段所钻地层为新近系馆陶组、古近系沙河街组及孔店组一段。井眼尺寸 Ø215.9 mm。下

入套管 Ø177.8 mm×8.05 mm。本井段馆陶组砂层易坍塌,沙河街组及孔店组大段泥页岩易水化、剥落,需重点关注。采取的主要技术措施如下。

(1) 根据地层岩性和可钻性合理选用牙轮钻头或 PDC 钻头,随地层变化及时调整钻进参数,以达到高效、安全钻进。

(2) 井眼要确保打直,根据钻具组合控制钻压。

(3) 接单根动作要迅速,下放速度要控制,开泵不宜过急,做到“晚停早开”,因故终止钻井液循环时应将钻头提离井底,且钻具在井内静止时间不超过 3 min,应及时活动钻具,防止沉砂卡钻。

(4) 为提高钻效应尽量采用复合片钻头,在钻具上使用“动力钻具+转盘+PDC 钻头”,但动力钻具在复杂层段不得使用。

(5) 保证井眼畅通,起钻严禁拔活塞,起钻灌好钻井液。

(6) 注意防止钻遇局部断层可能引发的井斜失控、井塌及漏失。在断层附近注意降压,送钻均匀等。

(7) 提高钻井液滤液的抑制性,防止泥页岩吸水膨胀;尽量降低钻井液的滤失量,形成良好的泥饼,减少引起泥页岩水化的机会;根据实际情况,选择适当的钻井液密度对井下产生适当的正压差,提供有效应力支撑井壁。

(8) 钻进过程中要注意观察井口返浆情况,观察振动筛上的岩屑返出、岩屑的形状的变化,及时调节钻井液性能。钻进中及时补充浓度为 0.5%~

1% 的聚合物胶液,勤处理、勤维护钻井液,定期补充聚合物降滤失剂和 HV - CMC 胶液达到设计要求,严禁单独加水,增强钻井液的抑制性。

(9)做好井塌的预防和处理。发现坍塌、掉块、缩径,在其它措施无效的情况下,应适当提高钻井液密度,以平衡地层应力,直至井壁不坍塌、不掉块、不缩径为止。

4.3 三开井段(2543 ~ 3204 m)

井眼尺寸 $\varnothing 152.4\text{ mm}$,本段所钻地层为孔店组一段底板及孔店组二段,其中孔店组二段为本项目的目的层。施工重点为取心钻进。施工中采用川 6 - 3 取心钻具自 2647.72 ~ 3094.87 m 连续取心,累计取心 43 次,取心进尺累计 373.23 m,岩心长度累计 347.32 m,岩心采取率 93.06%。为保证岩心采取率主要采取了以下措施。

(1)取心工具安装:选用的卡箍岩心爪应符合要求,弹性适宜,敷焊的碳化钨颗粒均匀,平整,其自由状态下的内径比钻头内径小 2 ~ 3 mm。岩心爪座底面与钻头内扶正面的纵向间隙为 8 ~ 13 mm,根据上回次底部岩心软硬程度调节。

(2)起下钻:锁定转盘,用液压大钳卸扣,以保持下部钻具不动。做到操作平稳,禁止猛刹、猛放、猛墩,防止钻具剧烈摆动。下钻中若遇井斜大及井径缩小的井段,须缓慢下放,严重遇阻,应下牙轮钻头划眼。起钻后将取心工具提出转盘面,用卡瓦将外筒卡牢,卸开上接头,提出内筒,移至地面放平,卸掉卡箍座,用岩心钳在钻台上通岩心。

(3)取心钻进:取心钻头接近井底,缓慢转动钻具,小心地将取心钻头放到井底,钻压由小到大,等井底与钻头胎体完全吻合后,再逐渐加至推荐钻压。现场配有短钻杆来调节钻具长度,取心钻进中尽量不接单根。必须加单根时,接好单根后,开泵将工具下放至井底,先不旋转,加比正常钻压大 50% 的压力静压,顶松岩心爪,然后稍稍提动钻柱,恢复到悬重,缓慢起动转盘,逐渐加压恢复取心钻进。取心钻进中送钻要均匀,严防溜钻,无特殊情况,钻头不脱离井底,尽可能避免中途停钻,钻压、转速、排量等钻井参数应调配适当。取心钻进参数一般为:钻压 30 ~ 40 kN,转速 40 ~ 50 r/min,排量 9 ~ 12 L/s(根据地层变化,可适当调整上述参数,直到获得最佳取心效果)。

(4)割心:钻完进尺割心时,缓慢上提钻柱,上

提拉力(不包括井壁摩擦力)不超过原悬重 50 kN。若达此值岩心未拔断,可开泵循环,直到岩心断裂恢复原悬重为止。

5 施工中遇到的问题及处理方案

5.1 沙河街组泥页岩段水化、坍塌

5.1.1 问题

1486 m 进入沙河街组,施工至 1720 m 时泵压升高,钻头提离孔底后,泵压仍升高,但可以建立循环。开转盘扭矩无变化,但上提下放均有阻力。初步判断为上部井段塌孔。

5.1.2 处理措施

为避免因泵压过高泥浆泵安全阀打开导致被动停泵、发生埋钻等重大事故,利用变频器调整泥浆泵泵量,把泵压控制在安全范围内,继续循环钻井液,同时上下不间断活动钻具。75 min 后井口开始返出大量石屑,泵压逐渐降低,随泵压降低逐渐加大泵量,4 h 后恢复正常循环。经现场对返出岩屑分析认为,事故的原因是沙河街组泥岩水化后自身结构强度下降发生坍塌。考虑到下部地层仍以泥岩为主,为避免再次发生此类事故,决定对泥浆性能进行调整,降低失水量,提高抑制性能并适当增加泥浆密度。调整前后泥浆配方及性能参数见表 4。

表 4 泥浆调整前后配方及性能参数

	钻井液配方	性能参数			
		粘度/ s	密度/ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	失水量/ [$\text{mL}\cdot(30\text{min})^{-1}$]	pH 值
调整前	NV + NH ₄ - HPAN + FT - 342 + CMC + NaOH	36	1.12	14	8
调整后	NV + Na - HPAN + FT - 342 + CMC + NaOH + KCl + 包被剂 + 抗盐共聚物 + 重晶石	38	1.25	6.5	8.5

调整后泥浆使用效果:护壁、抑制泥页岩水化坍塌效果好,转化成氯化钾泥浆后直到终孔未发生泥岩水化塌孔事故。

5.2 孔店组泥岩进尺缓慢

5.2.1 问题

钻进孔店组后进尺缓慢,无憋、跳钻现象,平均时效仅为 0.46 m。岩性为棕红、紫红色砂岩及泥岩,使用钻头为三牙轮钻头,提钻后检查钻头,钻头未磨损。

现场分析认为现使用的钻具组合不适合该地层的钻进,无法有效提高钻进效率。

5.2.2 处理措施

改用 $\varnothing 152.4$ mm 五翼 PDC 钻头 + $\varnothing 121$ mm 螺杆钻具 + $\varnothing 121$ mm 钻铤的钻具组合进行复合钻进。复合钻进采用所能达到最大泥浆排量,保证泥浆具有良好的携砂性及润滑性,适当提高粘度和切力;每钻进一个单根,提起划眼一次,使岩屑分散,保证接单根的安全,同时接单根速度要快,要晚停泵早开泵,防止沉砂卡钻。采用该钻具组合以后进尺效率明显提高,平均进尺可达到 3.2 m/h。但钻遇含砾石地层时钻头磨损很快,需根据地层变化结合牙轮钻头使用。

6 结语

(1)页岩气参数井对井斜要求非常严格,各井段都要注意优选钻具组合及钻进参数,必要时可以使用无线随钻测斜仪及单弯螺杆进行纠斜。

(2)保证岩心采取率是页岩气参数井施工的重中之重,要根据取心层段的岩性特点合理选择取心钻具并严格按照规范操作,以保证岩心采取率达到要求。

(3)页岩气孔钻探都会遇到大段泥岩地层,本

孔采用的氯化钾泥浆体系可以有效抑制泥岩缩径、坍塌等孔内事故的发生。

(4)复合钻进可大幅度提高钻井速度,但应用局限性也较强,应注意使用范围。复合钻进钻时较快,在油气层井段钻进时,应按井控条例,对快钻时循环观察,防止井喷事故发生。

参考文献:

- [1] 武汉地质学院,等. 钻探工艺学(中册)[M]. 北京:地质出版社,1981.
- [2] 陈庭根,等. 钻井工程理论与技术[M]. 山东东营:中国石油大学出版社,2000.
- [3] 孙丹. 若尔盖铀矿强水敏性地层泥浆体系研究[D]. 四川成都:成都理工大学,2014.
- [4] 艾中华,郭健康,唐德钊. 新型 KCl/硅酸钠钻井液在强水化分散泥页岩中的应用[J]. 石油钻探技术,2009,37(5):77-80.
- [5] 米合江,张飞. 新疆页岩气调查井准页2井钻井施工技术及相关问题探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(11):25-30.
- [6] 陈养龙,魏风勇,王宏杰,等. 螺杆加 PDC 钻头复合钻进技术[J]. 断块油气田,2002,9(4):57-60.
- [7] 王勇军,赵长亮,郑宇轩,等. 牛热四井膏泥岩钻井液技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(3):33-34.
- [8] 郭昊,袁玲. 页岩气钻井关键技术及难点研究[J]. 石油化工应用,2013,32(6):12-14,19.
- [9] 王建华,刘杰,张进. 页岩气开发钻完井技术探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(10):1-5.

(上接第79页)

5 结论

(1)通过对井眼轨迹进行优化和钻井过程中摩阻/扭矩监测,保证了延页平3井顺利完钻,钻井过程中未发生卡钻等各种井下复杂情况,成功穿透了1200 m 的储层,页岩穿透率达100%;

(2)建立了摩阻/扭矩计算和监测的模型,准确地计算了钻井过程中的大钩载荷和大盘扭矩,并对下步施工过程中的摩阻/扭矩进行预测;

(3)优选油基钻井液配方,有效地降低了钻井和下套管过程中的摩阻;

(4)采用漂浮下套管的技术,选取合理的漂浮长度,有效减小了下套管过程中的摩阻,保证套管一次顺利下入,对国内大偏移距水平井的下套管作业有一定的指导意义。

参考文献:

- [1] 马振锋,于小龙,闫志远,等. 延页平3井钻完井技术[J]. 石油钻采工艺,2014,36(3):23-26.
- [2] 陶红胜,杨全枝,于小龙,等. 鄂尔多斯盆地东部低浅层渗透油藏大位移水平井钻井实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(2):37-40.
- [3] 窦玉玲. 长水平段大位移井井眼轨道优化设计[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7):50-52.
- [4] 练章华,林铁军,刘健等. 水平井完井管柱力学—数学模型建立[J]. 天然气工业,2006,26(7):61-64.
- [5] 杨姝,高德利,徐秉业. 定向井钻柱摩阻问题的有限差分分解[J]. 石油钻探技术,1992,20(3):22-26.
- [6] H-S. Ho. An Improved Modeling Program for Computing the Torque and Drag in Directional and Deep Wells[R]. SPE18047, 1988.
- [7] 欧阳建勇,潘广业,肖俊峰,等. 安深3-1HF井钻井液的配制与应用[J]. 石油地质与工程,2014,28(4):109-111.
- [8] Rae G, Williams H, Hamilton J. Selective flotation of casing from a floating vessel[R]. SPE 88841, 2004.
- [9] 陈建兵,安文忠,马健. 套管漂浮技术在海洋钻井中的应用[J]. 石油钻采工艺,2001,23(5):19-22.