

Efficient Drilling Technology for 311.2 mm Wellbores in the Yuandaba Block

Fengzhou Tang

Zhongyuan Southwest Drilling Branch, Dazhou, Sichuan, 635000, China

Abstract

The Yuandaba Block is a crucial area for the Yuandaba Gas Field. To better develop and explore new areas, with the curtain rising on the exploration of deeper formations in the Yuandaba Block, the number of deep and ultra-deep wells is gradually increasing. Ancient formations such as the Dengying Formation and the Canglangpu Formation have been included in the exploration sequence. The five-section wellbore structure has become the main wellbore configuration. During the drilling of the third opening with a 311.2 mm wellbore, by enhancing drilling technology and optimizing drilling parameters, and using technologies and processes such as low-speed high-torque motors + PDC bits, turbines + impregnated bits, the technical challenges in the Yuandaba area, such as severe bit wear, short footage, and slow drilling time in the Zhuchong Formation and the Xujiache Formation of the 311.2 mm wellbore, have been effectively solved, resulting in significant improvements in drilling speed.

Keywords

low speed and large torque motor; Pregnancy diamond fixtures; Turbo drill gear; Pearl rush; Sand gravel

元坝区块 311.2mm 井眼高效钻井技术

汤分周

中原西南钻井分公司, 中国·四川 达州 635000

摘要

元坝区块是元坝气田的重要阵地, 为了更好地开发接替阵地, 随着“元坝下面找元坝”序幕的拉开, 元坝区块深井及超深井数量逐渐增加, 灯影组、沧浪铺组等古老地层被纳入勘探序列, 五开制成为主要井身结构, 在三开311.2mm井眼施工过程中, 通过强化钻井技术、优选钻井参数, 低转速大扭矩马达+PDC、涡轮+孕镶等工艺、技术, 解决了元坝工区311.2mm井眼珍珠冲地层、须家河组钻头损耗严重、行程进尺短、钻时慢多等技术难题, 提速明显。

关键词

低转速大扭矩马达; 孕镶; 涡轮; 珍珠冲; 砂砾岩

1 概述

由于元坝地区储层埋藏深, 三开钻井地层主要为千佛崖组、自流井组和须家河组, 井深一般在 3500~5000m, 实现封隔须家河组高压气层, 为安全揭开海相低压力油气层创造施工条件。在当前技术的情况下, 三开钻进速度的快慢直接影响到全井的提速提效结果。分析元坝工区近年来完成的同井身结构的元坝 7、元坝 8、元坝 701 井等施工情况, 三开针对陆相千佛崖组及自流井组上部可钻性强的特点, 选用低转速大扭矩马达 +PDC, 自流井组珍珠冲段使用孕镶 + 涡轮, 须家河组使用强保径混合钻头钻进, 有效保证机械钻速的同时, 提高钻头行程进尺, 减少了起下钻等非纯钻时间, 提速成效显著。氯化钾聚磺防塌钻井液体良好的封堵性和流

变性, 为井下安全发挥了重要作用。

2 技术难点

2.1 地层可钻性差

千佛崖组存在小段砂砾岩, 对 PDC 钻头破坏严重; 自流井组珍珠冲段和须家河组五段存在大段连续高含量砂砾岩, 一般在 150~200m, 同时由于其埋藏深, 压力系数高, 造成地层胶结致密、钻头有效吃入困难, 可钻性极差, 导致钻头牙齿受力不均, 磨损严重, 常因钻头磨损频繁起钻, 机械钻速低, 纯钻时效低, 牙轮、PDC 及混合钻头单趟钻进尺较少。

2.2 井壁不稳定, 易发生井下复杂

自流井组及须家河组地层同样存在泥页岩周期性垮塌现象, 其作用原理是泥岩长期被钻井液失水浸泡后, 岩石内部应力发生变化, 造成井壁剥落发生大量掉块, 严重时甚至造成坍塌, 极易发生井下卡钻, 又因其岩性致密, 发生井

【作者简介】汤分周 (1986-), 男, 中国四川达州人, 本科, 工程师, 从事钻井技术研究。

下卡钻复杂后处理困难, 保证井壁稳定成为实现高效钻井的重要保障。

2.3 优选钻井方式及工具困难

由于砂砾岩其强度高、胶结致密, 分布广, 各井段含量差异大, 造成螺杆钻井方式无法大段应用, 而小井段的使用提速效果不明显, 无法达到提速提效的目的。常规牙轮钻进方式既无法提高钻速, 又无法提高纯钻时效, 无法适应提速创效的形势需求。

3 优快钻井技术

3.1 钻井方式及工具的选择

由于千佛崖以泥页岩为主, 自流组井大安寨段-东岳庙段以泥砂岩为主, 结合前期邻井元坝7、元坝8及元坝701的实钻效果, 采6刀翼双排齿PDC+低转速马达钻进。针对珍珠冲井段岩性致密的情况, 借鉴涡轮+孕镶在元坝7、马深1井的成功经验, 在优化水力参数基础上避免井下复杂, 保证机械钻速的同时提高钻头行程进尺。面对须家河组砂岩含量高, 夹杂小段砾岩、油气显示活跃的情况, 使用混合钻头进行钻进, 通过优化钻井参数提高机械钻速。

3.2 低转速大扭矩马达+PDC 钻井技术

PDC的切削齿在钻压的作用下, 克服地层纵向应力达到吃入地层的目的, 然后通过扭矩破坏地层横向应力达到钻进目的。钻压的大小关系到牙齿切入地层的深度, 也对应地会影响切削地层所需的扭矩。在中硬地层中, 高转速下一方面会减少钻头切入地层时间, 造成钻对切入地层有效深度降低, 出现钻速低的情况, 另一方面高转速比和高钻压更容易产生过大冲击载荷, 即不利于保护钻头, 又不利于马达工具的保护, 造成钻头或马达提前损坏。于此选择低转速大扭矩+大钻压方工进行钻进。

钻具组合: $\phi 311.2\text{mm}$ KSD1662DFRT PDC钻头+ $\phi 244\text{mm}$ 1°单弯单扶(扶正器: $\phi 306\text{mm}$)螺杆+ $\phi 305\text{mm}$ 扶正器+浮阀+631×730变扣+ $\phi 228.6\text{mm}$ 减震器+ $\phi 228.6\text{mm}$ 钻挺×7根+731×630变扣+ $\phi 203.2\text{mm}$ 钻铤×3根+ $\phi 203.2\text{mm}$ 曲性长轴+ $\phi 203.2\text{mm}$ 随钻震击器+631×520变扣+旁通阀+ $\phi 139.7\text{mm}$ 加重钻杆×6根+ $\phi 139.7\text{mm}$ 钻杆

钻进参数: 钻压10~14t, 转速50rpm, 排量52L/s, 立压29~30MPa。

其中元坝15井因在千佛崖钻遇纯度达70%砾岩, 造成PDC钻头钻进进尺较少, 但从已钻情况与邻井对比分析, 元坝15井机械钻速相较元坝7井提高了107.8%, 相较元坝8井提高了241%, 使用低转速大扭矩马达+PDC钻井技术能够有效提高钻井速度。

3.3 涡轮+孕镶钻井技术

元坝地区自流井组珍珠冲段地层岩性可钻性在4.180-7.907, 须家河组地层可钻性在1.600-9.63, 一方面是其可钻

性范围大, 另一方面是其可钻性峰高, 从已钻井的实钻经验已经充分说明: 珍珠冲段地层、须家河组部分地层含砾质砂岩、砾岩, PDC和牙轮均不能有效适应高效钻井需求, 钻头磨损严重, 机械钻速慢, 单趟钻行程进尺少, 纯钻时效低, 严重制约全井生产进度。自流井组内摩擦角 31.85° , 须家河组内摩擦角 35.21° , 这从力学的角度进一步解释了该段地层的钻进难度。针对这类地层, 在常规钻进方式无效后, 可以转换角度, 从破切原理及效率上下功夫, 主动减少切削深度, 以微切屑主钻进基理的孕镶金刚石钻头+涡轮钻具成为一个重要突破口。

一般情况下, 涡轮钻具主要提供强大的机械转速, 其转速的高低直接受排量影响, 排量越大, 转速就越高, 输出扭矩也超大。但其精密的机构对钻井液性能要求很高, 因此, 清洁的钻井液、强劲的动力和优选的钻具组合成为涡轮+孕镶钻井技术能否实现的关键。其钻具组合: $\phi 311.2\text{mm}$ DD3540M孕镶钻头+ $\phi 245\text{mm}$ 涡轮+ $\phi 308\text{mm}$ 扶正器+浮阀+ $\phi 228.6\text{mm}$ 钻挺×5根+ $\phi 203.2\text{mm}$ 钻铤×3根+ $\phi 203.2\text{mm}$ 随钻震击器+旁通阀+ $\phi 139.7\text{mm}$ 加重钻杆×6根+ $\phi 139.7\text{mm}$ 钻杆

钻进参数: 钻压8~10t, 转速50rpm, 排量41~42L/s, 立压34~35MPa。

新近完成井元坝15井在自流井组珍珠冲段地层使用孕镶+涡轮钻井技术, 其机械钻速是常规牙轮的1.65倍以上, 是孕镶+螺杆的2倍以上。同时孕镶+涡轮钻井技术受排量影响严重, 元坝7井钻井最大排量为37L/s, 根据理论推算, 保证良好携砂效果排量需达40L/s, 元坝15通过设备升级改造, 使钻进排量达41L/s, 元坝15井机械钻速是元坝7井的2倍。由此可以看出, 在保证排量的情况下, 元坝地区自流井组使用孕镶+涡轮钻井技术能够极大地提高机械钻速, 减少起下钻时效, 有利于提速提效。

须家河组使用孕镶+涡轮平均机械钻速是混合钻头的2.15倍, 是使用牙轮的3.21倍, 混合钻头的2.16倍; 孕镶+涡轮单趟钻最高纯钻160h, 平均单趟钻纯钻时间达到83h, 纯钻时效明显提高, 元坝区块须家河组地层使用涡轮+孕镶提速效果显著。

3.4 混合钻头钻井技术

由于须家河组地层各小段存在不同程度的油气显示, 为了保证井控安全, 提高应对井漏、溢流等井下复杂能力, 在须家河组部分井段无法使用动力钻具, 造成PDC等需配合高转速的钻头优势下降。同时受该段地层1.60-9.63可钻性波动范围的影响, 提高钻头自身适应不同地层、处理井下复杂的能力成为须家河组提速的关键。

混合钻头充分结合牙轮和PDC钻头的优势, 除能配合多种钻具使用外, 应对井下复杂能力较PDC钻头更强, 钻速较牙轮更高, 这在复杂地层中无法应用动力工具情况下显现出明显优势。混合钻头包含牙轮和刀翼, 牙轮对岩石产生

预破碎，PDC 则利用切屑将牙轮破碎形成间断式齿坑联通，实现完整的破岩循环，使得混合钻头在中硬地层中具有可观的钻速。

钻具组合： $\phi 311.2\text{mm}$ KSD1633DSTW PDC 钻头 + $\phi 244\text{mm}$ 直螺杆 + 浮阀 + 631×730 变扣 + $\phi 228.6\text{mm}$ 钻挺 $\times 2$ 根 + $\phi 306\text{mm}$ 扶正器 + $\phi 228.6\text{mm}$ 钻挺 $\times 3$ 根 + 731×630 变扣 + $\phi 203.2\text{mm}$ 钻挺 $\times 6$ 根 + $\phi 203.2\text{mm}$ 曲性长轴 + $\phi 203.2\text{mm}$ 随钻震击器 + 631×520 变扣 + 旁通阀 + $\phi 139.7\text{mm}$ 加重钻杆 $\times 6$ 根 + $\phi 139.7\text{mm}$ 钻杆

通过上述数据可以看出：混合钻头机械钻速比牙轮提高了 1 倍以上，整体表现很好，虽然这只钻头进尺不多，但机械钻速提高较为明显，建议在可能钻遇其油气层的井段使用，即能发挥能处理井漏、溢流压井等复杂情况，又能以较快的机械钻速加快生产进度，达到提速目的。

3.5 钻井液优化技术

根据实钻情况分析，钻井液良好的封堵性能够保证井壁稳定，减少因井壁不稳发生井下复杂的风险，同时其良好的流变性，直接影响各种动力工具性能的发挥，特别是使用孕镶涡轮钻井技术，高速研磨造成岩屑较细，处理不及时会造成劣质固相剧增，使得钻井液流变性恶化，影响机械钻速。

3.5.1 优化配方及体系确定

通过工区完成井实钻经验、结合筛选试验，优选氯化钾聚磺防塌钻井液体系，氯化钾含量保持 5% ~ 7%，控制钾离子含量：25000~30000mg/l，其抑制性最强。采用在二开基浆中加入 20% 胶液（含 7% 氯化钾）。钻进期间添加了 SMS-19、氯化钙、HA、SMT 等处理剂，使该体系更加具有较强的抗温抗盐能力，能够保证维持钻井过程中高密度钻井液良好的流变性。

3.5.2 钻井液技术要求

①确定合适的钾离子浓度，根据岩屑处理情况，判断钻井液抑制能力保证其满足井下需要。

②控制高温高压失水在 11~14mL 之内，性能测量时结合邻井地井温情况模拟井底温度，真实反映钻井液体系的封堵、抗温以及抗污染能力。

③坚持检测酸根离子含量，当酸根离子含量上涨时，使用钙离子除碳酸根、碳酸氢根，维持钙离子含量在 200~400mg/L，将酸根离子尽可能控制在 10000mg/l。

④以小分子处理剂调整流型并降低钻井液滤失量，钻进过程中细水长流补充低粘切加重钻井液维护。

3.5.3 合理控制钻井液中的固相含量

使用 240 ~ 280 目筛布、除砂除泥一体机使用 280 筛布，有效清除 74 微米以上的有害固相；自流井组珍珠冲段至须家河组地层采用了涡轮 + 孕镶钻头提速工具，在坚持使用高目数筛布的基础上，保证每班使用离心机 8~10h。

从实钻来看：新近完成井元坝 15 井 $\Phi 311.2\text{mm}$ 井眼控制井径扩大率 6.21%，根本上解决了井壁失稳的问题。

4 结论和认识

①针对地层的不同特性，通过优选低转速大扭矩马达 + PDC、涡轮 + 孕镶、混合钻头等技术、工具，设备升级改造，优化水力参数，大幅度提高破岩能量和效率，提高了机械钻速，增加了珍珠冲、须家河等可钻性差井段动力工具使用进尺，提升了纯钻时效。元坝 15 井三开钻井周期 82.35 天，较工区之前三开最快纪录 88.92 天缩短 6.57 天。

②涡轮钻具 + 孕镶金刚石钻头是高研磨性地层提高机械钻速的有效手段，元坝区块涡轮钻井技术相比较于其他提速手段，提速效果显著，同时单只钻头进尺较多，减少起下钻时间，缩短钻井周期，建议在元坝区块自流井、须家河组普遍采用涡轮钻井技术。

③混合钻头采用混合切削方式，在应对高研磨性地层时能够取得可观的机械钻速，同时其应对井下复杂的能力强于 PDC、孕镶钻头，建议在元坝须家河组复杂地层推广使用。

④低转速大扭矩马达配合 PDC 钻头在可钻性较好的地层，能够取得较好的机械钻速，其良好的稳定性和钻头保护效果好，有利于提前钻头行程进尺，可作为千佛崖 - 东岳庙地层提速的重要手段。

⑤氯化钾聚磺防塌钻井液体系既保证了井壁，有效避免了因井壁稳定性问题发生井下复杂，又为动力工具的使用创造了条件，保证了动力工具充分发挥水力效能，实现了提速效果，建议得进行推广应用。

参考文献

- [1] 冯林, 母亚军, 杨代明, 周喜勇, 汤分周. 马深 1 井二开大井眼优快钻井技术 [J]. 石油钻采工艺, 2016, 38 (5): 577-582
- [2] 兰凯, 张金成, 母亚军, 晁文学. 高研磨性硬地层钻井提速技术 [J]. 石油钻采工艺, 2015, 37(6): 18-22.
- [3] 张国龙, 曹满党, 倪益明. 深井大尺寸井眼钻速低的原因及对策 [J]. 石油钻探技术, 2001, 29(2): 24-25.