

四川页岩气旋转导向钻井技术应用

唐勇军

西部钻探吐哈钻井公司, 新疆 吐鲁番 838200

[摘要]页岩气作为一种重要的清洁能源, 在全球能源结构中的地位日益凸显。四川地区蕴含着丰富的页岩气资源, 然而其开采面临诸多挑战。旋转导向钻井技术为页岩气的高效开采提供了可能。该技术能够精确控制井眼轨迹, 适应复杂的地质条件, 在提高开采效率、降低开采成本等方面具有显著优势。深入研究四川页岩气旋转导向钻井技术应用, 对推动我国页岩气产业发展, 保障能源安全具有重要意义。

[关键词]四川页岩气; 旋转导向钻井技术; 应用

DOI: 10.33142/ect.v3i1.15120

中图分类号: TE243

文献标识码: A

Application of Sichuan Shale Gas Rotary Directional Drilling Technology

TANG Yongjun

Western Drilling Tuha Drilling Company, Turpan, Xinjiang, 838200, China

Abstract: Shale gas, as an important clean energy source, is increasingly prominent in the global energy structure. The Sichuan region contains abundant shale gas resources, but its extraction faces many challenges. Rotary directional drilling technology provides the possibility for efficient extraction of shale gas. This technology can accurately control the wellbore trajectory, adapt to complex geological conditions, and has significant advantages in improving mining efficiency and reducing mining costs. In depth research on the application of rotary directional drilling technology for shale gas in Sichuan is of great significance for promoting the development of Chinese shale gas industry and ensuring energy security.

Keywords: Sichuan shale gas; rotary directional drilling technology; application

引言

随着能源需求的不断增长和对清洁能源的追求, 页岩气的开发备受关注。四川盆地页岩气储量丰富, 但页岩气储层具有低渗透率、地质条件复杂等特点。旋转导向钻井技术是现代页岩气开采的关键技术之一。它的应用有助于克服四川页岩气开采中的诸多难题, 如精确钻进、减少井下事故等。因此, 探讨四川页岩气旋转导向钻井技术应用情况, 是提高页岩气开采效益、实现页岩气大规模开发的必要之举。

1 页岩气开钻的特点及模块化

页岩气的开采由于其自身特点以及所处的地理位置和自然环境, 在钻探方面呈现出诸多特点并面临众多困难。页岩气钻井具有独特的特点。从其面临的问题来看, 页岩气钻井隧道易出现漏水情况, 低隧道阻力可能引发塌陷, 采矿设备安装合理性欠缺, 混凝土隧道施工复杂等。这些技术问题若无法解决, 页岩气开采和收集效率会降低, 相关风险也会增加。页岩气旋转钻井技术是应对这些问题的有效手段, 其模块化特点显著, 矿井回转轨道模块主要负责控制钻机转速, 在应对硬质材料时, 能够保证钻机的硬度, 同时提供攻击、输出和钻井速度等方面的反馈。这一模块不仅解决了如隧道漏水、塌陷等问题, 还解决了直钻效率低下的问题。在钻井过程中, 基于反馈数据进行旋转

方向控制, 当遇到硬岩时, 计算机系统自动识别并增加钻井压力, 虽然钻井速度可能降低, 但钻井作业的整体效率得以提高。而且, 系统能监控钻井工作状态, 一旦钻井温度过高、电阻超出工作时间的正常范围, 就会自动报警并停止工作, 保护钻井设备。在水泥管相关的模块中, 对水泥管形状进行分析并应用于钻孔和板材钻孔过程。为提高钻孔效率, 会减小钻孔尺寸, 相应简化钻孔轨迹, 降低钻孔作业的复杂性。此外, 合理定义页岩气钻井的相关参数也是重要的模块化体现。钻井速度、油泵的扭转和压力以及钻井设备的排放等主要参数的合理确定, 有助于整个钻井过程的顺利进行。而选择合适的页岩油钻井液同样关键, 这需要综合考虑钻井设备的运行状况、地理位置、自然环境、水质、地质等多方面因素, 以保障页岩油钻井的顺利运行。总之, 页岩气开钻的这些特点及模块化有助于应对开采中的难题, 提高开采效率。

2 旋转导向钻井技术原理

旋转导向钻井技术是一种先进的钻井技术, 其原理基于多个关键要素。该技术主要通过井下工具的特殊设计与协同工作来实现精确的井眼轨迹控制。井下旋转导向工具能够在旋转状态下产生侧向力, 这种侧向力可改变钻头的钻进方向。在钻井过程中, 地面控制系统向井下工具发送指令, 井下工具依据指令调整自身的工作状态。例如, 通

过改变导向块的伸出长度或角度,从而改变钻头的受力分布,实现对井眼轨迹的导向。同时,旋转导向钻井技术利用高精度的测量系统,如随钻测量(MWD)和随钻测井(LWD)技术,实时获取井下的各种参数,包括井斜角、方位角、地层特性等。这些测量数据反馈至地面控制系统,地面控制系统根据这些数据对井下工具的工作状态进行调整优化,确保井眼轨迹按照预定的设计方案钻进,提高钻井效率并减少钻井风险。

3 页岩气开采的技术难点

页岩气开采面临着诸多技术难点,页岩气储层的低渗透率是一个关键挑战,页岩气储存在低孔低渗的页岩地层中,气体难以在其中流动,这就需要采用特殊的增产技术,如大规模的水力压裂来提高渗透率,但水力压裂技术的应用也面临着成本高、水资源消耗大以及可能引发地震等环境问题的困扰。页岩气储层的地质条件复杂多变,不同地区的页岩气储层在岩石特性、厚度、埋藏深度等方面存在很大差异,这要求开采技术具有高度的适应性。水平井钻井技术在页岩气开采中虽然广泛应用,但在水平井的轨迹控制、钻井效率提升以及避免井壁失稳等方面仍存在技术瓶颈。另外,页岩气开采过程中的井下工具耐高温、高压和耐腐蚀性能也是需要攻克的难点,因为页岩气储层的复杂环境对井下设备的可靠性和耐久性提出了很高的要求。

4 四川页岩气旋转导向钻井技术应用

4.1 旋转导向失效快速判别及应对措施

旋转导向井的轨迹控制受多种因素影响,像轨迹控制感知、运行状态以及井下仪器结构等。以往旋转导航系统轨迹控制一旦失控,往往需要继续钻进一段井段才能精确判断,这无疑加大了油井的地质风险与控制难度。例如在W204H4-6平台测试中,轨道累积了8个平台控制误差,平均误差延迟达20米,使得平台长度达到13-30米,给基础施工和电能测量带来诸多困难。经过深入研究,以近视轨道数据、MWD井轨数据和Stick-slips黏度指数为依据,对旋转导航系统的轨道控制误差进行快速判别。这种方法成功将井轨的故障决策距离从20米降低到5米,显著降低了因旋转导航系统故障而引发的井轨控制难度。

4.2 旋转导向钻井优化设计

在运用旋转导轨钻机技术时,优化工作环境是首要任务。钻井作业常常遭遇棘手难题,如在四川长宁的倾斜钻井作业中,漏水问题致使严重的塌陷和井漏事故发生,极大地干扰了钻井作业的稳定开展。为提升页岩气开采中旋转定向钻井技术的速度与效率,优化井的设计不可或缺,这能为旋转定向钻井作业营造良好施工环境以确保效率。在优化井设计过程中,要综合考量众多因素,转向工具的倾斜能力至关重要,它关系到钻井井轨能否精准控制;管道的安全性是保障作业顺利进行的基础,避免因管道问题引发安全事故;抗风能力在一些特殊环境下也不可忽视。

为确保井设计中倾斜点的准确设置,从而有效控制施工倾斜度,设计理念从3D转变为2D。这一转变实现了井段的优化设计,降低了约400m井段的高坡效率(此处表述可能有误,推测应为降低高坡处的施工难度或其他相关效率指标),达成了阻力效率(此处表述较模糊,可进一步明确为降低阻力或提高与阻力相关的效率等含义),进而有助于提高整个旋转导向钻井作业的效率 and 安全性。

4.3 旋转导向钻井工艺优化

在旋转导向钻井工艺中,存在诸多需要优化的方面。旋转引导系统多以钻井精度的变化来执行土壤转换指令,在四川板块,众多钻井平台的存在使得钻井体积难以在短期内精确控制,转换率相近的情况影响了钻井效果。鉴于现场实际设备分布,创新性地提出增加地面传输指令的标高和执行来改变钻井流量的技术方法。这一方法成效显著,现场应用指标的成功传输率同比提高了98%,传输时间缩短了70%,实现了地面指标的有效传输。在固相钻井液条件下,机组旋转效率低是一个技术挑战。多级过滤技术和磁过滤技术的应用有效降低了机组旋转失效的风险,信号因子的运用提高了设备的信号强度,机组旋转效率从4.8次/井大幅降低到0.7次/井。回转井轨迹的控制效果受地下工具运行状态等多种因素影响,通常在控制井道后,断层系统需连续钻几口井才能准确判定,这增加了偏离地质目标的风险,导致井道难以控制。例如在204H4-6旋转井引导系统的初次试井中,累计出现8个通道控制故障,平均故障延迟达20m,通道端腿高度达13/30m,增加了施工难度。通过调查研究,依据近井轨迹数据、MWD井轨数据数据和Stick-slips黏度指数,建立了旋转定向系统井轨控制失效的快速评估方法,将井损截面失效距离从20m降低到5m,有效减轻了旋转定向系统失效带来的井轨控制难度。按照旋转驱动系统和可钻部分的要求,形成优选的垂直钻孔链,根据胎体的PDC选择倾斜部分以增强耐磨性,钢的PDC水平的选择提高了井的流场,提升了井的清洗效率,进而提高了机械钻进速度。通过钻杆力学计算,分析不同钻杆组合对地下振动的影响,优化重钻杆数量,使钻杆传动故障次数减少了50%。同时,深入分析旋转速度、钻孔压力、排放对钻孔旋转速度的影响,实现对钻孔旋转的有效控制,构建基于地下振动和黏度指数的钻孔参数优化模型,有效提高了钻进效率,力学性能比同期提高了1倍以上。利用综合地质资料和钻井资料,在钻井前建立地质取向模型,提前设定各种地质指标,优化井控方案。这使得旋转导航系统特性可降低30%,旋转导航系统倾斜度降低30%,轨迹控制功能进一步提升了旋转方向跟踪效果,在28口井的应用中,平均钻速可达95%以上。通过这些工艺优化措施,旋转导向钻井工艺在效率、稳定性和准确性等多方面都得到了显著的提升,有助于提高页岩气开采等相关工程的效益。

4.4 旋转导向钻井技术的成本控制

在四川页岩气开采中,旋转导向钻井技术的成本控制是一个至关重要的环节。设备成本占据较大比重,旋转导向钻井设备的研发、制造和采购成本高昂,包括井下工具、地面控制系统等。为了控制设备成本,一方面可以加强与设备供应商的合作,通过长期合作协议、批量采购等方式争取更优惠的价格。另一方面,提高设备的使用寿命和可靠性,减少设备的更换频率。例如,对井下工具进行定期维护和保养,优化其结构设计以增强抗磨损能力。钻井液成本不容忽视,钻井液在旋转导向钻井中起到冷却钻头、携带岩屑和平衡地层压力等多种作用。优质的钻井液往往价格不菲。可以通过研发新型钻井液配方,在保证性能的前提下,使用更经济的原材料。同时,优化钻井液的循环利用系统,减少钻井液的浪费,提高其利用率。

4.5 旋转导向钻井技术的环保措施

在四川页岩气开采中运用旋转导向钻井技术时,环保措施是必须要重视的方面。在钻井过程中,噪声污染是一个问题。钻井设备的运行会产生持续的噪声,影响周边居民的生活。为了降低噪声污染,可以采用隔音罩、减震垫等设备对钻井设备进行降噪处理。同时,合理安排钻井作业时间,避免在居民休息时间进行高噪声作业。水资源的保护也非常关键,钻井过程中的水力压裂等环节需要大量的水资源,而且可能会导致地下水污染。一方面,要优化水资源的管理,提高水的循环利用率,减少新鲜水的取用。例如,建立完善的水循环系统,对返排液进行处理后再次用于钻井作业。另一方面,加强对钻井液和压裂液的管理,确保其不会渗入地下水体,对地下水造成污染。

4.6 旋转导向钻井技术与其他技术的协同应用

在四川页岩气开采中,旋转导向钻井技术与其他技术的协同应用具有重要意义。与地质导向技术的协同应用是关键的一方面,地质导向技术能够提供详细的地层信息,如地层的岩性、孔隙度、渗透率等。旋转导向钻井技术则可以根据这些地质信息精确地控制井眼轨迹。两者结合,在钻井过程中,地质导向技术将实时的地层数据反馈给旋转导向钻井系统,旋转导向钻井系统据此及时调整钻头的

钻进方向,从而使井眼轨迹始终保持在页岩气储层的最佳位置,提高页岩气的开采效率。与水力压裂技术的协同也不可或缺,旋转导向钻井技术能够钻出高质量的水平井,为水力压裂提供理想的井眼条件。水平井可以增加页岩气储层的暴露面积,而水力压裂技术则可以在水平井的基础上对页岩气储层进行有效的改造,提高其渗透率。在协同应用时,旋转导向钻井技术钻出的井眼轨迹和井身结构要充分考虑到水力压裂的需求,例如,合理设计水平段的长度、方位角等,以便水力压裂能够更好地发挥作用,最大限度地提高页岩气的产量。

5 结束语

综上所述,四川页岩气旋转导向钻井技术的应用在页岩气开采进程中发挥着不可替代的作用。通过不断优化该技术在轨迹控制、钻井效率提升、成本控制等方面的应用,克服了四川页岩气开采中的诸多困难。随着技术的进一步发展和完善,相信旋转导向钻井技术将为四川页岩气的高效、环保、可持续开采提供更强劲的动力,推动我国页岩气产业迈向新的高度,在能源领域占据更重要的地位。

[参考文献]

- [1] 冯飞. 水平井钻井技术进展研究[J]. 西部探矿工程, 2023, 35(7): 99-101.
 - [2] 睢圣. 永川南区页岩气水平井优快钻井技术[J]. 石油和化工设备, 2023, 26(7): 109-113.
 - [3] 高德利, 黄文君, 刁斌斌, 等. 复杂结构井定向钻井技术现状及展望[J]. 前瞻科技, 2023, 2(2): 11-21.
 - [4] 车卫勤, 许雅潇, 岳小同, 等. 渝西大足区块超深超长页岩气水平井钻井技术[J]. 石油钻采工艺, 2022, 44(4): 408-414.
 - [5] 杨连行. 磁导向钻井技术在辽河油田复杂结构井的应用[J]. 石化技术, 2022, 29(6): 69-71.
 - [6] 熊小华. 页岩油钻井技术发展趋势与新技术探讨[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(5): 160-161.
- 作者简介: 唐勇军(1982.3—), 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 四川南充, 四川省广安市人, 学历: 大学本科, 研究方向: 钻井工程。