

碎软煤层顶板水平井钻井工艺技术研究-以长治区块为例

张彤

中煤科工西安研究院(集团)有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i11.2040

[摘要] 近年来随着深部煤层气的持续开发,往往伴随着地层压力高、目的层稳定性较差、区域构造较为复杂,钻进效率低,钻井事故频发等因素,给深部煤层气水平井开发带来一系列挑战,通过对碎软深部煤层的钻井施工各个节点进行分析,总结出一套井深结构-钻具组合-钻井液工艺体系,有效提高钻效,缩短施工周期,保障井内安全。

[关键词] 碎软煤层; 钻井液; 水平井; 煤层气

中图分类号: P618.11 **文献标识码:** A

Research on horizontal well drilling technology for fractured soft coal seam roof – taking Changzhi block as an example

Tong Zhang

middingling coal Technology and Industry Xi'an Research Institute (Group) Co., Ltd.

[Abstract] In recent years, with the continuous development of deep coalbed methane, it is often accompanied by high formation pressure and stable target layers. Factors such as poor qualitative analysis, complex regional structure, low drilling efficiency, and frequent drilling accidents have brought a series of challenges to the development of deep coalbed methane horizontal wells. By analyzing the various nodes of drilling construction in fragmented soft deep coal seams, a well depth structure drilling tool assembly drilling fluid process system has been summarized to effectively improve drilling efficiency, shorten construction period, and ensure wellbore safety.

[Key words] fragmented soft coal seam; Drilling fluid; horizontal well; coalbed methane

引言

碎软煤层作为非常规天然气资源的重要储层,其顶板水平井高效开发是我国煤层气增产的关键技术方向。然而,受煤体破碎、强度低、渗透性差等地质特性制约,钻井过程中普遍面临井壁失稳、轨迹控制精度不足和完井效果不佳等难题。针对上述挑战,国内外研究聚焦于地质导向优化、强封堵钻井液研发、水力参数调控及钻完井-压裂一体化技术突破,并在鄂尔多斯、准噶尔等盆地成功应用,有效提高了顶板水平井钻遇率。本文系统梳理碎软煤层顶板水平井钻井工艺研究,剖析当前制约钻效提升要点,为深层、复杂构造区煤层气高效开发提供参考。

1 地质概况

本区位于沁水煤田中东部,沁水煤田发育的地层自下而上为:古生界奥陶系、石炭系、二叠系,中生界三叠系、侏罗系,新生界上第三系及第四系^[1]。

根据前期取得的钻井资料显示,本井钻遇地层依次为第四系(Q),三叠系下统刘家沟组(T11),二叠系上统石千峰组(P2sh)、上石盒子组(P2s),二叠系下统下石盒子组(P1x)、山西

组(P1s),石炭系上统太原组(C3t)^[2]。

2 钻井工程设计

根据前期探井结果显示,该目的煤层取芯岩样破碎程度较高(图1),具玻璃性光泽,可塑性差,性硬且脆,解理发育。针对该煤层,采取碎软煤层顶板钻进工艺。避免了钻进过程中井内安全风险,在进行大规模压裂后,排采过程中也不易出现煤粉堵泵等问题,降低了检泵次数,降低成本。



图1 探井目的煤层取芯岩样图

2.1 井身结构优化

针对该目的层, 总结了一套三开井身结构工艺(图2)。一开用 $\Phi 444.5\text{mm}$ 钻头钻穿基岩以下20m, 下入 $\Phi 339.7\text{mm}$ 表层套管, 注水泥固井; 二开用 $\Phi 311.15\text{mm}$ 钻头钻至着陆点, 下入 $\Phi 244.5\text{mm}$ 技术套管固井。三开水平段采用 $\Phi 215.9\text{mm}$ 钻头对目标煤层顶板0.5m-2m钻至设计井深完钻, 下入 $\Phi 139.7\text{mm}$

生产套管, 固井候凝, 水泥浆返至地面^[3]。

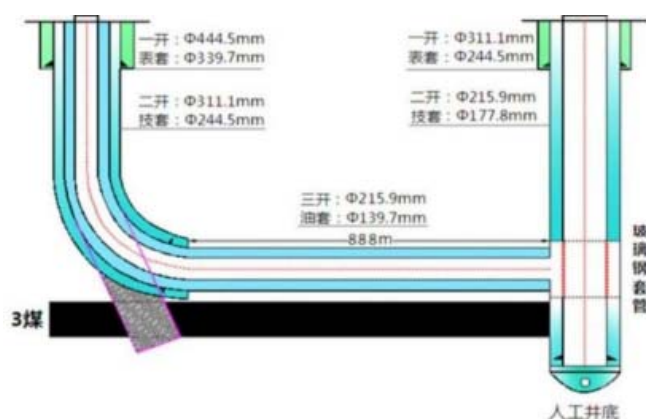


图2 井身结构示意图

2.2 优化钻具组合, 提高钻效

结合以往同类型井身结构的实钻经验设计钻具组合^[4]。一开采用 $\Phi 444.5$ 钻头一次成孔, 期间调整泥浆性能注意防塌防漏, 针对二开直井段采用 $\Phi 311.15$ 钻头一次成孔, 采用吊打工艺防斜打直, 起钻更换 $\Phi 215.9\text{mm}$ PDC钻头和1.5。弯螺杆带螺旋扶正器进行定向钻进, 保证岩屑正常上返, 钻至着陆点位置起钻更换311.15扩孔钻头及MWD仪器进行扩孔钻进, 期间仪器监测扩孔, 防止出现新井眼, 降低扩孔风险。三开水平段则采用 $\Phi 215.9\text{mm}$ PDC钻头及EMWD仪器进行水平段钻进, 电磁波仪器针对煤层电信号变化较为明显, 具有较好的反应速率, 能够快速识别出地层变化, 保证水平段高效钻进。



图3 EMWD仪器图

2.3 改进钻进参数设计

针对该地层易出现漏、塌、卡等情况, 在施工过程中应注意钻头参数的调整, 防止出现泥包、沾卡等情况出现, 下表总结出一套适合于该地层开发的钻头及钻井参数设计, 见表1。

2.4 合理选择钻井液体系

(1) 一开钻井液配制以防塌、防漏为目的, 保证正常钻进, 提高钻效^[5]。

(2) 通过固控循环系统将水基膨润土浆搅拌均匀, 添加适量

纤维素及重晶石粉调配基浆, 保证泥浆粘度、密度达到合理性能, 提高携砂能力, 保证泥浆循环通畅。

表1 钻进参数表

序号	井段	钻头尺寸(mm)	钻头类型	钻压(kN)	转速(r/min)	排量(L/s)
1	一开	311.15	三牙轮	10~30	40~60	20~30
2	一开扩孔	445.5/311.15	扩孔钻头	10~50	40~60	20~30
3	二开直井段	215.9	三牙轮/PDC钻头	30~80	30~60	18~25
4	二开定向段	215.9	三牙轮/PDC钻头	20~100	25~45	14~28
5	二开导向段	215.9	三牙轮/PDC钻头	20~100	25~45	14~28
6	二开扩孔	311.15/215.9	扩孔钻头	30~100	30~60	20~30
7	三开水平段	215.9	三牙轮/PDC钻头	40~120	25~45	14~28

(3) 三开段使钻井液充分循环, 及时高粘度纤维素达到提高粘度作用, 再配制瓜胶乳液、小分子分散剂, 胶液经充分水化后采用细补慢补的方法入井^[6]。

(4) 注意补充预水化膨润土浆, 并且加入大分子聚合物, 钻进过程中, 聚合物浓度维持在0.3%以上。提高钻井液粘度, 提高大井眼岩屑携带效果。

由于本井水平段为非储层钻进, 故泥浆性能设计主要考虑井壁的稳定, 分段泥浆性能设计见表2。

表2 泥浆性能参数设计

泥浆体系	膨润土泥浆	低固相聚合物泥浆	高固相泥浆
井段	直井段	造斜段	水平段
密度	<1.15	1.15-1.18	1.20-1.25
漏斗粘度	30~38	38~50	27~55

3 效果评价

本井通过合理的井深结构的优化, 有效避免了目的层漏、沾卡等问题, 在钻进过程中有效减少地层裸漏段, 防止卡钻、埋钻等情况出现^[7]; 有效的钻具组合往往能够提质增效, 有效缩短了整个建井周期, 又减少钻头损耗, 降低成本, 保障区块整体开发进度, 钻井液体系往往决定钻井井内安全, 在保证井壁稳定、防止漏失等地质条件因素影响下, 应合理的降低钻井液密度, 尽量达到与地层压力平衡状态下, 提高钻井液携带效率, 保证钻井液润滑性, 降低钻井液造成的压差对储层的伤害。通过以上等3方面的优化, 本井取得长水平段精准钻井、水平段长

1030m一次远距离对接成功,且目的层钻遇率100%。取得了固井质量优等级(图4),大大缩短了建井周期。

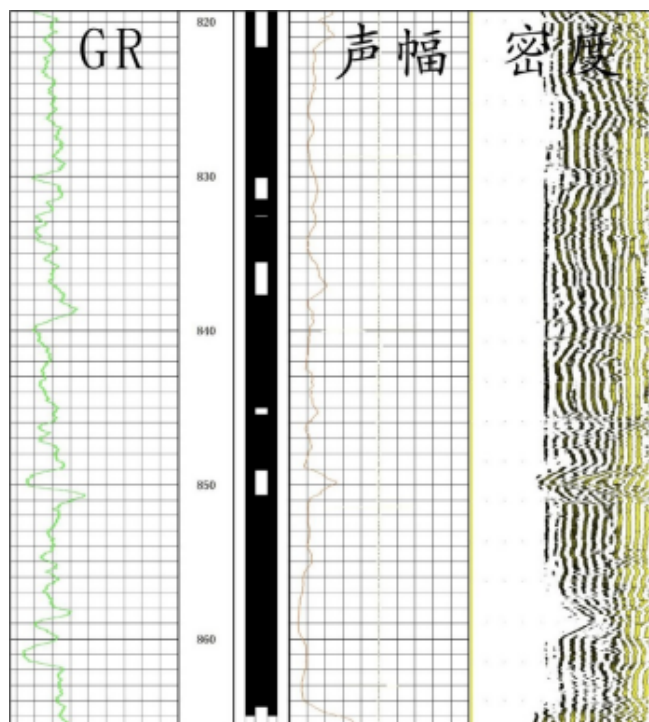


图4 固井质量测井曲线

4 总结

(1) 总结了一套针对碎软煤层水平井井深结构-钻具组合-

钻井液工艺体系,有效提高钻进效率及钻遇率,保障了井内安全,减少井内事故的发生。(2) 针对钻井过程中的重难点,首先应对地质条件进行分析,选取合适的钻井工艺,提高钻效,保证钻井安全。

【参考文献】

- [1]唐成才.小井眼侧钻短半径水平井钻井技术[J].工程技术(文摘版)·建筑:00078[2025-02-19].
- [2]张辉,张振华.海拉尔油田水平井钻井技术及应用效果[J].石油地质与工程,2011,25(6):3.1673-8217.
- [3]李勤俭,胡铁钊.水平井钻井技术[J].中国海上油气(工程),1991,3(6):8.1991-06-006.
- [4]岳前升,邹来方,蒋光忠.煤层气水平井钻井过程储层损害机理[J].煤炭学报,2012,37(1):5.
- [5]王怀洪.煤层气钻井工程设计与施工[M].中国矿业大学出版社,2014.
- [6]刘纯仁.从AKONDO油田水平井钻井谈水平井施工提速提效措施[J].2021(23):255-257.
- [7]袁辉,王娜.水平井钻井工程的设计与施工技术研究[J].工业,2016,(5):11.

作者简介:

张彤(1996-),男,汉族,陕西西安人,助理工程师,硕士,项目经理,研究方向:煤层气开发。