

白杨河矿区煤层气丛式井钻井难点及对策研究

毛志新¹, 谢相军², 汤建江²

(1. 山东科瑞油田服务集团股份有限公司, 山东 东营 257000; 2. 新疆维吾尔自治区煤田地质局一五六煤田地质勘探队, 新疆 乌鲁木齐 834000)

摘要:新疆阜康市白杨河矿区煤层气开发利用先导性示范工程是新疆第一个煤层气示范工程项目。白杨河矿区总体构造为向南倾斜的单斜构造, 地层倾角大, 煤层多且间距大。该示范工程开发方案主要井型为丛式井。经过多年钻井实践, 丛式井钻井技术在鄂尔多斯盆地东缘煤层气区块已经非常成熟, 初步形成了一套适合该地区煤层气开发的丛式井钻井技术。由于白杨河矿区地质条件与鄂尔多斯盆地东缘各区块相比差异大, 特别是存在地层倾角大、煤层多且间距大等地质特点, 因此不能完全照搬原有的丛式井钻井技术。本文依据白杨河矿区地质资料, 分析了白杨河矿区煤层气丛式井钻井难点, 对解决该区块钻井难点的技术对策和攻关思路进行了总结与阐述, 初步形成了一套适合白杨河矿区大倾角厚煤层的丛式井钻井技术。

关键词:煤层气; 丛式井; 大倾角; 厚煤层; 钻井难点; 白杨河矿区

中图分类号: P634.5 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2016)12-0037-04

Drilling Difficulties of CBM Cluster Wells in Baiyanghe Mining Area and the Related Solutions/MAO Zhi-xin¹, XIE Xiang-jun², TANG Jian-jiang² (1. Shandong Kerui Oilfield Service Group Corporation, Dongying Shandong 257000, China; 2. No. 156 Exploration Team of Xinjiang Bureau of Coalfield Geology, Urumqi Xinjiang 834000, China)

Abstract: Baiyanghe CBM pilot demonstration project in Fukang City of Xinjiang Uygur Autonomous Region is the first CBM demonstration project in Xinjiang. The general structure of Baiyanghe mining area is monoclinical structure in the direction of south with large dip angle, and large spacing in multi coal seams. Cluster wells are the main type for this demonstration project development plan. By many years drilling practice, this technology have been very mature in CBM block of east Ordos basin, a set of cluster wells drilling technology suitable for CBM development in this area is preliminarily formed. As the geological conditions in Baiyanghe mining area are quite different with east Ordos basin block, especially with the characteristic of large dip angle, multiple coal seams and large seam spacing, the cluster wells drilling technology in East Ordos Basin cannot be directly adopted. Based on the geological data, this paper analyzes the difficulties of CBM cluster wells drilling in Baiyanghe mining area, summarizes and expounds the technical countermeasures. The drilling technology of cluster wells suitable for Baiyanghe mining area has been developed.

Key words: coalbed methane; cluster wells; large dip; thick coal seam; drilling difficulties; Baiyanghe mining area

0 引言

新疆阜康市白杨河矿区煤层气示范工程是新疆第一个煤层气示范工程, 开发井型以丛式井为主。白杨河矿区位于北天山褶皱带, 博格多复背斜以北, 准噶尔拗陷区以南的黄山—二工河向斜北翼, 总体上构造为地层南倾的单斜构造, 走向为近东西向, 地层倾角 $45^{\circ} \sim 53^{\circ}$ 。白杨河矿区出露地层由老至新依次为三叠系黄山街组、下侏罗系八道湾组、三工河组和第四系。目的煤层为八道湾 39 号煤层、41 号煤层和 42 号煤层。由于该地区地层倾角大, 煤层多

且间距大等特点, 因此不能完全照搬鄂东地区煤层气丛式井钻井技术^[1-4], 需要在井眼轨迹设计、井身质量控制及钻井液性能方面开展攻关研究, 形成适合白杨河矿区大倾角厚煤层的丛式井钻井技术。

1 钻井施工特点和难点分析

1.1 地层砂泥岩互层、倾角大, 井身质量难以控制

煤层气井由于需要下入排采设备进行排水采气, 所以对井身质量要求很高。白杨河矿区地层砂泥岩互层, 倾角大, 直井施工过程中采用常规钻井工

收稿日期: 2016-03-29; 修回日期: 2016-07-08

基金项目: 新疆国土资源厅地勘基金项目“阜康市白杨河矿区煤层气开发利用先导性示范工程”(编号 N14-4-XJ01)

作者简介: 毛志新, 男, 汉, 1979 年生, 高级工程师, 中国石油大学(北京)博士后, 钻井工程专业, 主要从事煤层气钻完井工艺技术研究工作, 山东省东营市南二路 233 号科瑞集团, mzhixin@163.com。

艺会出现井斜和方位漂移等问题,井身质量不易控制,井斜容易超标,而且由于钻具在井下“甩开”,也容易造成脱扣、断钻具等井下事故,处理井下事故工程风险及成本极高。

同时,由于地层倾角大,钻头在非均等面切削作用下,产生不平衡的钻进状态,导致钻头偏离原井眼轴线,产生“小变向器”作用,这一作用随地层倾角的角度增大而增强,井斜的程度也越大。由于岩层软硬交错影响,钻头在由软地层向硬地层钻进,或者由硬地层向软地层钻进时,会因为地层软硬程度不同,钻头产生“小变向器”作用,在软硬界面处形成“狗腿”。

前期勘探过程由于使用常规钻具组合和钻进工艺,造成钻井效率低下,井斜角超标。因此针对地层倾角大的特点,需要展开研究,缩短钻井周期,保证井身质量。

1.2 地层可钻性差,机械钻速低

矿区出露的地层为中生界三叠系黄山街组、下侏罗统八道湾组、三工河组和新生界第四系。根据区块内地质条件,中生界黄山街组含菱铁矿结核,下侏罗统八道湾组中段含砂砾岩,地层可钻性差。

1.3 网间距小,对井身质量要求高

依据开发方案,此次先导开发实验采用了矩形井网布井,地面井距采用 $250\text{ m} \times 300\text{ m}$ 井距。由于本区块煤层倾角大,该地面井距在地下煤层所对应的井距为 $350\text{ m} \times 350\text{ m}$,如果水平偏移控制不好,地面偏移量为 x ,那么对煤层间距的影响将会是 x 的 2 倍,这必将影响井网的均匀分布,如图 1 所示。因此,在施工过程中如何控制井身质量是保证该地区煤层气开发成功的关键因素。

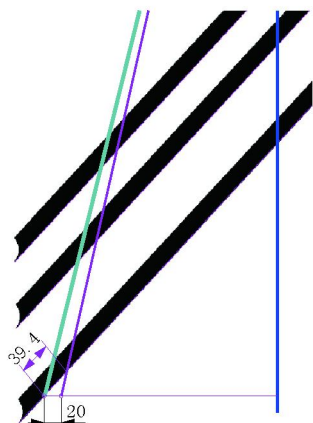


图1 大倾角煤层水平偏移对煤层间距影响示意图

1.4 三个主力煤层间距大,三层煤的井网间距控制难度大

本区块主力煤层有 3 层,间距较大,39 号煤和 42 号煤最大间距 100 多米,如果以一定井斜角进入煤层,那么下部煤层的井网间距将难以保证,如图 2 所示。因此设计要求在满足排采要求的前提下入煤层井斜角尽可能小,使各目的煤层井网间距不会相差太大,保证 3 个主力煤层在开发过程中的井网间距均匀分布,满足整体压降。



图2 不同入煤井斜角对煤层间距影响示意图

1.5 煤层段长,易垮塌,易受钻井液污染

矿区内主力煤层厚度大,39 号、41 号煤厚 $8 \sim 10\text{ m}$,42 号煤厚度均 $>20\text{ m}$ 。阜参 1 井电测解释孔隙度 39 号、41 号、42 号煤层分别为 3.7%、3.7%、3.8%,平均 3.73%,属低孔隙储层。加上煤层性脆、机械强度低,易垮塌掉块,形成扩径或“大肚子”井段,以往使用的钻井液体系不足以维护井壁稳定。前期钻井液为保护煤层要求使用低密度聚合物钻井液体系,实际施工过程中在煤层段发生了井壁垮塌,测井之前进行多次通井,同时在通井过程中造成井径扩大率过大,使固井水泥环变大,影响后期射孔和压裂作业。

2 钻井技术对策研究

2.1 井眼轨迹优化设计^[5-10]

煤层气开发井网间距小,如果靶点水平位移控制不好会对井网部署产生不良影响。白杨河矿区地层倾角较大,3 个主力煤层间距大,最大间距超过 100 m,如果采用三段制就会造成不同煤层水平偏移过大,如图 3 所示,不易于区块内主力煤层井网均匀分布。因此为了降低后期施工难度以及保证井身质量满足排采要求,对该区块井眼轨迹进行了优化设计,如果能满足设计稳斜角 $\geq 20^\circ$,造斜率 $\geq 0.1^\circ/\text{m}$,入靶点稳定角控制在 5° 以内,就可以设计成五段制。如果不能满足上述要求,则采用三段制井眼轨迹。

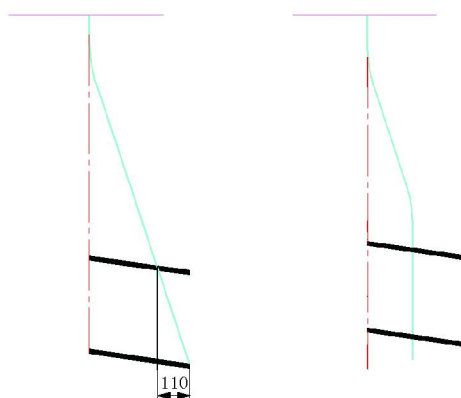


图 3 三段制和五段制井眼轨迹对比图

2.2 井身质量控制方法^[11-13]

白杨河矿区地层倾角大,井身质量不好控制,如果采用以往井身质量控制方法,会造成井身质量不满足排采和井网控制要求,需要进行更加严格控制。以往井身质量评价往往注重单个指标的评估,忽略了对整个井眼轨迹的总体评价。虽然有的钻井设计中规定了定向方位偏差,但由于当井斜小时方位偏差较大,造成对整个井段的方位偏差不好定量评价。如图 4 所示,在评价实钻轨迹 1 和实钻轨迹 2,如果按常规评价方法,2 个轨迹可能都满足设计要求,但从总体评价,即考虑定向方位偏差,轨迹 1 肯定比轨迹 2 更优,设计的二维轨迹成了三维轨迹了。因此,在评价时应注重评价井眼轨迹与设计方位的偏移,增加可以定量评价的指标,即规定实钻轨迹偏离设计方位的距离,使实钻轨迹更加接近“二维”轨迹,以降低摩擦。



图 4 井眼轨迹投影示意图

根据白杨河矿区的地层特点,确定了白杨河矿区煤层气定向井井身质量控制要求。

(1) 定向井直井段井斜 $\geq 1^\circ$, 位移 < 4 m。

(2) 造斜点井斜 $\geq 0.5^\circ$, 水平位移控制在 2 m 以内。

(3) 稳斜段井斜与设计井斜偏差控制在 3° 以内。

(4) 直井段全角变化率 $\geq 1.5^\circ/30$ m, 造斜段连续三点平均全角变化率 $\geq (\text{设计造斜率} + 1)^\circ/30$ m, 稳斜段连续三点平均全角变化率 $\geq 2.5^\circ/30$ m。

(5) 造斜段实钻方位和设计方位偏差控制在 5° 以内, 靶点闭合方位偏差控制在 2° 以内。

此外,在不同井段施工过程中,制定了相应的技术措施,以保证井身质量。

2.2.1 直井段

(1) 采用塔式钻具组合或螺杆复合钻进技术,轻压吊打。

(2) 钻进过程中每钻进 3 个单根,都要使用单点测斜仪或无线 MWD 测斜,确保井斜不超标,为下一步造斜段施工创造良好的条件。

2.2.2 造斜段

(1) 根据地层可钻性,优选 PDC 钻头和复合钻进钻具组合,即要考虑造斜段施工要求,还应方便后期稳斜段施工。

(2) 总结区块钻井时方位漂移规律,充分考虑地层造斜力的影响,并在实钻轨迹控制时予以考虑,如造斜力与靶方位相同,定向时减小井斜角,反之则定向时增大井斜角。

(3) 定向钻进时,每个单根测量并记录井斜和方位数据一次,分析定向规律,发现全角变化率有超标迹象,及时调整定向井段的长度,应采用每根定向 + 复合钻进的钻进模式。

2.2.3 稳斜段

(1) 稳斜段钻进每 3 个单根测单点 1 次,及时跟踪井眼轨迹,发现偏离轨迹迹象,及时采取措施进行调整。进行扭方位或增降斜作业时,要注意控制定向的长度,以免造成局部“狗腿度”超标,保证井眼光滑。

(2) 稳斜段中靶前应调整好轨迹,确保顺利中靶。在保证中靶的前提下,减少下部定向的次数。

2.3 快速钻井技术^[14-17]

由于区块内地层倾角大,地层可钻性差,用常规钻具组合钻进方位和井斜漂移比较大,因此要求全井段使用螺杆 + PDC 钻头复合钻井技术。该区块地层属于软至中硬地层,使用 PDC 钻头具有明显优于牙轮钻头的钻进效果,而且使用螺杆动力钻具,充分发挥螺杆转速高的优点,可以取得较高机械钻速。使用复合钻进技术,具有以下优点:

(1) 发生方位和井斜漂移时及时纠斜,保证井身质量;

(2) 大幅度提高机械钻速,减少或避免钻具刺漏、断裂;

(3) 降低转盘转速,降低钻机负荷,降低油耗;

(4) 减少设备磨损,节约机修时间,提高生产效率。

2.4 钻井液体系优化

前期钻井施工借鉴了鄂东地区的经验,在煤层段钻进过程中使用密度为 $1.03 \sim 1.05 \text{ g/cm}^3$, 马氏漏斗粘度为 $30 \sim 40 \text{ s}$ 的聚合物钻井液体系,在钻井过程中多次出现煤层垮塌卡钻事故,同时在完井过程中也多次出现测井遇阻现象,造成了煤层段出现“大肚子”。为了避免出现煤层垮塌的现象,提出了增加钻井液密度和粘度,降低钻井液失水量的处理措施。将钻井液密度控制在 $1.1 \sim 1.15 \text{ g/cm}^3$, 马氏漏斗粘度控制在 $40 \sim 50 \text{ s}$ 。严格控制钻井液的失水量,将失水量控制在 5 mL 以下,减少有害杂质进入煤层。

3 现场试验

为了试验研究成果的使用效果,在白杨河矿区优选了 10 口丛式井进行了现场试验,这些丛式井分别位于不同的井台,包括 2 口直井和 8 口定向井,其中有 2 口使用了三段式的井眼轨迹,6 口使用了五段式的井眼轨迹。使用的钻机包括 ZJ20 型和 ZJ30 型石油钻机。

3.1 井身结构

试验井使用了煤层气开发常用的二开井身结构。

一开: $\varnothing 311.1 \text{ mm}$ 钻头 + $\varnothing 244.5 \text{ mm}$ 表层套管,一开使用 $\varnothing 311.1 \text{ mm}$ 钻头,钻穿第四系至稳定基岩 20 m 后完钻,套管不留口袋。

二开: $\varnothing 215.9 \text{ mm}$ 钻头 + $\varnothing 139.7 \text{ mm}$ 生产套管,二开使用 $\varnothing 215.9 \text{ mm}$ 钻头,钻穿目的煤层底板下面 60 m 后完钻,生产套管预留 2 m 口袋。

3.2 二开钻具组合

二开钻进过程中全井段使用了复合钻具组合: $\varnothing 215.9 \text{ mm}$ PDC 钻头 + $\varnothing 172 \text{ mm}$ 螺杆 $\times 1$ 根 + $\varnothing 165 \text{ mm}$ 无磁钻铤 $\times 1$ 根 + $\varnothing 159 \text{ mm}$ 钻铤 $\times 4$ 根 + $\varnothing 127 \text{ mm}$ 钻杆 + 133 mm 方钻杆。

现场实施效果表明,提出的大倾角煤层气丛式井钻井技术可以很好地满足白杨河矿区煤层气开发需要。研究的五段制井眼轨迹在施工过程中很好地控制了井身质量。测井结果表明,10 口井的井身质量都是优良,平均钻井周期约 10 天,如表 1 所示。

4 结论及建议

(1) 白杨河矿区钻井工程的重点和难点在于井身质量控制和钻井液体系优化。

表 1 白杨河矿区 10 口试验井钻井数据表

井号	轨迹类型	设计井深/m	完钻井深/m	井身质量	完井周期/d	机械钻速/ ($\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$)
FS-7	五段制	1188.50	1200.00	良好	10	9.49
FS-8	五段制	1156.35	1152.00	良好	10	9.82
FS-9	直井	877.00	980.33	良好	10	7.40
FS-11	三段制	897.04	897.56	良好	9	8.47
FS-14	五段制	1110.55	1086.00	良好	11	6.19
FS-17	五段制	899.00	961.25	良好	9	12.19
FS-22	三段制	1039.09	1058.00	良好	13	5.95
FS-25	五段制	1001.61	980.00	良好	7	6.22
FS-26	直井	865.00	890.00	良好	5	7.89
FS-27	五段制	1005.80	1008.00	良好	8	5.27

(2) 五段制的井眼轨迹能很好地解决大倾角煤层气开发井网分布问题。

(3) 螺杆马达 + PDC 钻头的复合钻进工艺是适合该区块的,可以保证井身质量,缩短钻井周期。

(4) 由于该区块构造应力发育,应提高钻井液密度,以保护井壁稳定,但要严格控制钻井液失水量,防止有害物质进入煤层。

参考文献:

- [1] 郑毅,黄洪春. 中国煤层气钻井完井技术发展现状及发展方向[J]. 石油学报,2002,23(3):81-85.
- [2] 王益山,王合林,刘大伟,等. 中国煤层气钻井技术现状及发展趋势[J]. 钻井工程,2014,34(8):87-91.
- [3] 王彦祺. 延川南区块煤层气高效开发钻井工艺技术探讨[J]. 油气藏评价与开发,2011,1(S1):64-68.
- [4] 袁明进,龙志平,朱智超. 鄂尔多斯盆地延川南区块煤层气低成本高效钻井技术[J]. 中国煤层气,2011,8(5):17-21.
- [5] 包贵全. 煤层气钻井工程中几个重点技术问题的探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(12):4-8.
- [6] 路学忠,尹伟. 定向井(丛式井)的设计与施工技术要点[J]. 探矿工程,2001,(S1):218-220.
- [7] 毛志新,杨峰,鲜保安. 保德区块煤层气定向井黏附卡钻的分析与预防[J]. 石油钻采工艺,2011,33(3):91-93.
- [8] 毛志新. 保德区块煤层气丛式井快速钻井技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(2):12-14.
- [9] 王西民. 煤层气丛式井钻进工艺[J]. 煤炭技术,2009(28):130-131.
- [10] 张富成,王卫忠,扈东勇,等. 苏里格气田丛式井钻井技术及应用[J]. 石油钻采工艺,2009,31(4):36-39,52.
- [11] 李培佳,冯志明,李红,等. 浅层丛式井钻井工艺[J]. 钻采工艺,2004,(2):90-91.
- [12] Mao Zhixin, Zhao Baoshan, Li Shichao. Research on Wellbore Quality Control Technology for Coalbed Methane Deviated Wells[J]. Procedia Engineering,2014:237-242.
- [13] 王运海. 延川南区块煤层气丛式井钻井工艺技术[J]. 煤炭科学技术,2016,44(5):23-29.
- [14] 罗玉金,汪兴华,周永福. 丛式井的优快钻井技术[J]. 重庆科技学院学报(自然科学版),2007,9(3):7-10.
- [15] 蒋祖军. 丛式井优快钻井技术在川西地区的应用[J]. 天然气工业,2003,23(S1):63-65.