

沁水地区煤层气水平对接多分支井钻井工艺研究

申鹏磊

(山西蓝焰煤层气集团有限责任公司,山西 晋城 048000)

摘要:针对沁水地区煤层气储层的地质特点及水平对接多分支井的施工技术难点,结合2012ZX-SP-01井组的钻井方案,介绍了排采井和工程井的井身结构、井眼轨迹优化、悬空侧钻,以及运用方位伽马判断钻头与煤层相对位置等关键技术。实钻井眼轨迹及后期排采效果表明,采用这一系列技术,能够保证水平对接多分支井的顺利实施,形成了较为成熟的煤层气水平对接多分支井钻井工艺,并取得了良好的排采效果。

关键词:煤层气井;水平对接;多分支井钻井;井眼轨迹;悬空侧钻;方位伽马

中图分类号:P634.7;TE842 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2017)06-0065-04

Study on CBM Horizontally Butted Multi-branch Well Drilling Technology in Qinshui Block/SHEN Peng-lei (Blue Flame Coal-bed Gas in Shanxi Group LLC, Jincheng Shanxi 048000, China)

Abstract: According to the geological characteristics of CBM reservoir in Qinshui region and the technical difficulties in horizontally butted multi-branch wells construction, and combined with the drilling scheme of 2012 ZX-SP-01 well group, this paper introduces the key technologies about the well bore structure of drainage well and engineering well, well-bore trajectory optimization and suspended sidetracking, as well as the determination of the bit position and azimuth to coal-bed using azimuth gamma. The real drilling trajectory and the late drainage effects show that by this series of technologies, the successful horizontally butted multi-branch wells construction can be ensured to form mature drilling technology of CBM horizontally butted multi-branch wells for good results.

Key words: coal-bed gas well; horizontal butted; multi-branch drilling; well track; suspended sidetracking; azimuth gamma

0 引言

根据“山西晋城矿区采气采煤一体化煤层气开发示范工程”要求,山西蓝焰煤层气公司在寺河矿常店河3号煤保护煤柱上施工一口水平对接多分支井,目的是针对老区块产气量低的现状,通过改变钻井工艺来寻找提高产气量的途径。

煤层气水平对接多分支井钻井工艺主要是借鉴常规石油天然气水平井钻井工艺及国外开发煤层气田的经验,先钻一口排采直井,然后在合适位置(一般为距直井水平位移350 m左右)钻一口水平井(工程井)与直井连通后,再进行目的煤层多分支井作业。通过连通+多分支井联合作业,可以解决高陡构造煤层中单一多分支井前期排水降压困难的难题,并有效地沟通煤层中的节理和裂隙,增大煤层气的解析面积,从而提高气量。

1 地质特点

2012ZX-SP-01井组位于山西省晋城市西偏

北,井田位置跨沁水、阳城、泽州三县,处于太行山脉南段西侧,沁水盆地南缘。地貌形态属剥蚀、侵蚀山地,以低山丘陵为主,沟谷发育,地形较为破碎,为二叠系砂泥岩风化侵蚀和黄土风成堆积地貌,山地相对高度较低,山峰标高+1000 m左右,山地呈圆锥状,多为黄土风成堆积,山坡较陡(50°~60°),基岩地层出露。井田地势受河流影响,东西方向上中部为沁河,地势较低,向东、向西较高;南北方向上北高南低,相对高差200~400 m。钻遇地层主要为第四系、二叠系上石盒子组、下石盒子组和山西组,古生界二叠系山西组为主要含煤地层,其中3号煤层位于山西组中下部,上距K8砂岩约30 m,下距9号煤层约48 m,煤层厚度4.45~8.75 m,平均6.31 m。3号煤层稳定,为煤层气勘探的主要煤层。

2 水平对接多分支井钻井技术难点

(1)本区块3号煤层较厚,但煤质性脆,节理裂隙较发育,存在天然裂缝。这种脆性地层容易造成

收稿日期:2017-01-04; 修回日期:2017-04-14

作者简介:申鹏磊,男,汉族,1987年生,石油工程专业,从事瓦斯治理和煤层气勘探开发研究工作,山西省晋城市泽州县南村镇,624855461@qq.com。

井眼垮塌,卡钻等复杂情况,甚至可能导致井眼报废。

(2)为了保证2井对接成功率,排采井要提前施工,以便给工程井提供准确的方位及煤层数据,在排采井施工中,要用造穴工具对目的煤层段扩孔造穴,造穴直径 ≤ 500 mm,并确保整个井筒通畅。

(3)由于目的煤层埋藏较浅,而排采井与工程井水平距离较近(中半径水平井),井眼曲率一般为 $(8^\circ \sim 12^\circ)/30$ m,钻压和扭矩不易有效传递,同时钻具也容易疲劳破损,这给钻井作业带来很大风险。

(4)水平对接需引进对接设备,而对接设备的精确定位是能否对接成功的决定性因素。因此,要选择技术参数高的对接设备。

(5)煤层中水平主井眼和分支井眼的设计要在降低施工难度的前提下最大限度地增加采气面积,所以要对主支与分支的井底形状,分支长短、角度、方位,以及分支间距进行优化设计。

(6)在进行水平对接及分支侧钻过程中,必须做到对轨迹的精确控制,这样才能保证精确“穿针”和分支的质量。因此,对井眼轨迹导向提出了更高的要求。

(7)在煤层主井眼中钻分支时,需要悬空侧钻,因此,在侧钻点的选择、工具面的多少、钻进时间的控制、钻进技术参数的把握以及轨迹的预判上显得极为讲究。

(8)MWD随钻测斜仪需携带双伽马探管,利用监测出的上下伽马值来确定钻头与煤层的相对位置,保证煤层的钻遇率。

(9)由于煤储层本身就附着着游离的煤层气,并且在不断解析气体,使用常规钻井液虽然可以护壁,抑制煤层垮塌,但对煤层的污染和天然裂隙的堵塞影响很大,所以要针对煤层伤害机理,模拟出与煤层相适应的无固相钻井液,使其对煤层的破坏降到最低。

3 水平对接多分支井钻井工艺

2012ZX-SP-01井组是由H01井和V01井组成,先钻成V01井及H01井导眼,基本数据参见表1,设计着陆点A点采用垂深:H01地面标高-V01地面标高+V01煤层顶板深度-0.33(地层倾角补偿)+2.50(进入深度)=785.33-657.83+331.68-0.33+2.50=461.35 m。

表1 2012ZX-SP-01井组基本数据(采用国家3度带坐标)

井型	井号	坐标		地面高程/m	底板标高/m	3号煤层/m
		X	Y			
垂直井	V01	3942824.17	508735.13	657.83	319.69	6.46
		3942824.54	508735.39			
水平井	H01	3942512.83	508888.71	785.33	332.43	6.23

3.1 井身结构

V01井采用二开井身结构:一开采用 $\phi 311.15$ mm钻头钻进,下入 $\phi 244.5$ mm套管固井,水泥返至地面,二开采用 $\phi 215.9$ mm钻头钻至3号煤层底板以下50 m,下入 $\phi 177.8$ mm生产套管,其中3号煤层段为玻璃钢套管,固井水泥浆返至煤层段以上200 m。井底填砂至煤层底板,下入造穴工具,进行煤层段全段造穴,洞穴直径 ≤ 500 mm(见图1)。

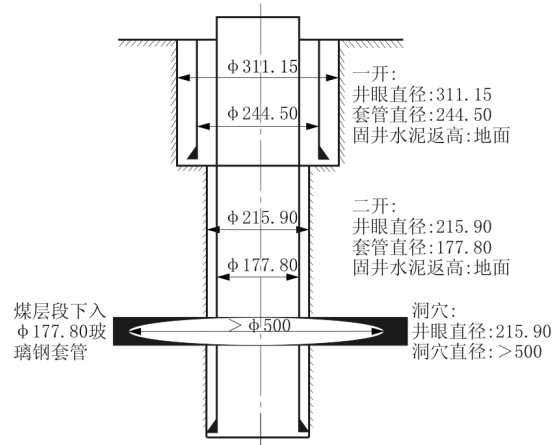


图1 V01井井身结构

H01井采用三开井身结构:一开与V01井相同,二开导眼采用 $\phi 215.9$ mm钻头,以最大井斜 $> 30^\circ$ 钻至目的煤层,确定煤层深度后对二开造斜点进行调整,用水泥封井至造斜点;二开定向钻进采用 $\phi 215.9$ mm钻头,钻至着陆点(3号煤层顶板),此时井斜应为 85° 左右,并与V01井保持连通距离(一般为80 m),然后下入 $\phi 177.8$ mm技术套管至煤层顶板以上10 m处,固井水泥返至煤层以上200 m,二开完钻;三开采用 $\phi 152.4$ mm钻头沿煤层钻进并与V01井连通,连通后继续向前沿煤层钻进,并分别施工2个主分支井和8个二级分支井(参见图2)。裸眼完井。

3.2 井眼轨迹

沁水地区3号煤层一般较浅(500 m以内),位垂比较大,H01井在二开造斜时井眼曲率采用 $8^\circ/30$ m,并将着陆点控制在水平段预计点前20 m。如果

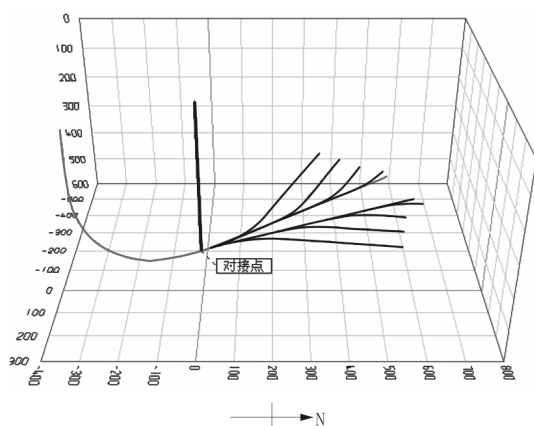


图2 H01井立体剖面图

煤层预测深度发生变化,可以利用20 m的位移对井眼轨迹进行调整。入煤点选择中上部煤层比较稳定的部位,在距离V01井水平位移80 m左右(对接设备能够接收信号最大距离就是80 m)时,靠近钻头处连接强磁接头,并在V01井下入对接探管,确保探管感应组件在洞穴内。这时就可以通过对接地面机实时监测的三维数据来微调H01井井底井斜和方位,达到对接的目的。

在多分支井设计中要把握以下几点。

(1)随着分支角度的增大,有效控制面积也越大,产量也越大,但通过预测模型计算不同夹角4分支水平井流入量与单支水平井流入量对比,当分支角度超过 45° 后产量增加的幅度不大;而在施工中要保证分支井与主支井角度光滑渐变,“狗腿”度不宜过大,避免起下钻具时因摩擦过大造成塌孔,所以分支与主支夹角最佳选择是 45° 。

(2)主井眼的同侧分支比异侧对称分支效果好,分支间的降压作用互相叠加,压降漏斗形成效果好于异侧对称分支,在设计中应选择双主分支且每个主分支上布置同侧等距分支。

(3)在总钻井进尺相同的条件下,增加分支数意味着增加钻井费用与施工难度,而通过数值模拟,在分支长度都相等的情况下对称分支井在分支数超过4个(分支角度 45°)后,产量增加幅度明显变缓,所以设计方案采用双主井眼,单侧四分支结构。

(4)在钻压满足的条件下,尽量施工较长距离的分支,增大控制面积。

3.3 悬空侧钻

在主支上选好各分支起始点,对各分支进行钻进时,首先需要悬空侧钻。悬空侧钻时,必须把握好

“控时、降斜、变方位”三点,具体为:(1)控时,严格控制好进尺速度,前4 m以0.5 m/h的速度进行,时刻关注钻具悬重和振动筛返出岩屑情况,确保侧钻出去后,按正常速度钻进;(2)降斜,由于单弯螺杆本身的重力作用和长时间同一位置的滞留,螺杆处井斜会自然降低,调整工具面至降斜,顺着降斜趋势钻进,更容易侧钻成功;(3)变方位,分支相对主支的方位大小决定侧钻时方位的增减调整趋势。

3.4 采用方位伽马

本区3号煤层属高陡构造煤层,煤层起伏很大,实钻过程中按照设计轨迹钻进容易钻出煤层。为了保证煤层的钻遇率,需在MWD随钻测斜仪器上加入伽马来判断是否在煤层中钻进。而传统的自然伽马仪器没有方位信息,虽然它能较好地指示钻头是否穿出煤层,但在意外钻出煤层后不能及时指明如何重新回钻到煤层中。H01井采用的是MWD+方位伽马,方位伽马是在普通伽马探管上采用开窗结构的聚焦伽马探头,探头四周采用钨进行屏蔽,地层里的伽马射线,只可以通过这个窗口才能探测到(权重较大),这样可以实时上传“上伽马”、“下伽马”、“总伽马”数据,能明确指出该如何调整钻头轨迹才能以最快的速度重新回钻到煤层中(见图3)。

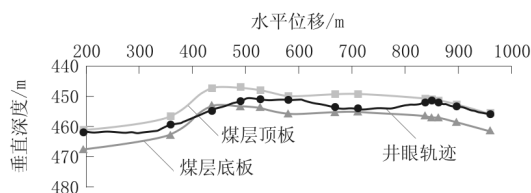


图3 H01井煤层实钻轨迹图

4 应用效果

本井组H01井二开钻至622.67 m着陆,下入技术套管后,在井深689.03 m位置与V01井对接成功,之后延煤层顺利钻出2个主支井、8个分支井,其中最大井斜角 96.7° ,最大位移868.1 m,钻进总进尺4610.56 m,煤层中穿行4002.56 m,煤层钻遇率达到95.85%。全井组施工顺利,井下安全无事故,施工完全达到设计要求。完井经后期排采作业,目前气量达到 $1.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,圆满完成了设计的目的。

5 结论

(1)煤层气水平对接多分支井最优井眼轨迹采

用双主支同侧等距4分支,且分支与主支呈 45° 夹角结构。

(2)在水平段多分支井钻进中,各分支悬空侧钻成功的关键在于:控时、降斜、变方位。

(3)在煤储层起伏较大中水平钻进时,应采用方位伽马来保证在煤层中的钻遇率。

(4)实践证明,运用水平对接多分支井钻井工艺能够有效解决在高陡构造煤层中开采煤层气的技术难题,取得了良好的排采效果。

参考文献:

- [1] 杨力. 和顺地区煤层气远端水平连通井钻井技术[J]. 石油钻探技术, 2010, 38(3): 40-43.
- [2] 罗开艳, 李巨龙, 王冲. 煤层气多分支水平井钻井技术研究[J]. 科技信息, 2011, (7): 364-365.
- [3] 张绍雄, 张媛. 煤层气开发的多分支水平井钻井技术[J]. 石油工业技术监督, 2010, 26(12): 56-58, 66.
- [4] 王彦祺. 煤层气水平连通井钻井技术[J]. 中国煤层气, 2010, 7(2): 28-31.
- [5] 徐云龙. 川西采气厂首口地质导向水平井钻井技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(2): 1-3.
- [6] 孙庆仁, 郭盛堂, 孟祥波. 达深 CP302 开窗侧钻水平井钻井实践与认识[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(4): 36-38.
- [7] 武程亮. 对接井钻井靶点位置问题探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(1): 58-60, 65.
- [8] 杨全枝, 于小龙, 马振锋, 等. 延长油田浅层高密井网水平井防碰绕障技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(1): 40-43.
- [9] 陈林, 范红康, 胡恩涛, 等. 控压钻井技术在涪陵页岩气田的实践与认识[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(7): 45-48.
- [10] 张金成. 涪陵页岩气田水平井组优快钻井技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(7): 1-8.
- [11] 于文涛, 张辉, 孙振刚, 等. 五级分支井井眼连接总成设计及有限元分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(2): 33-36.
- [12] 奚广春, 刘永贵, 王迎成, 等. 大庆朝阳沟油田浅层水平井钻井技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(6): 21-23.
- [13] 高启瑜, 周贵宗, 周光, 等. 松软低透性薄煤层中水平对穿连通井钻井技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(1): 20-23.
- [14] 卢周芳. 大牛地气田欠平衡水平井钻井技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(9): 10-14.

(上接第64页)

通过定向钻孔放水量显示,定向钻孔疏放水效果极为明显。施工的穿层放水检验钻孔,平均水量 $<1\text{ m}^3/\text{h}$,而在定向钻孔覆盖区域以外,穿层钻孔水量随距离增大呈增大趋势,定向长钻孔疏放水效果得到了有效检验。

参考文献:

- [1] 武强, 赵苏启, 董书宁, 等. 煤矿防治水手册[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2013.
- [2] 石智军, 李泉新, 许超, 等. 煤矿井下随钻测量定向钻进技术及应用[J]. 地质装备, 2013, 14(6): 32-36.
- [3] 史海岐. 随钻测量定向钻进技术在煤矿水害防治中的应用[J]. 现代矿业, 2014, (4): 38-41.
- [4] 杨忠, 段会军, 白刚, 等. 定向钻进技术在煤矿采空区疏放水中的应用[J]. 中州煤炭, 2015, (6): 16-18.
- [5] 石智军, 田宏亮, 田东庄, 等. 煤矿井下随钻测量定向钻进使用手册[M]. 北京: 地质出版社, 2012.
- [6] 白刚, 段会军, 王庆. 定向钻进技术在煤矿采空区防灭火工程中的应用[J]. 煤矿安全, 2016, 47(6): 132-135.
- [7] 赵祥龙, 金鑫. 水平定向钻孔探放煤层顶板砂岩水技术及其应用[J]. 煤矿机械, 2016, 37(5): 135-137.
- [8] 任鹏飞. 定向长钻孔在母杜柴登煤矿顶板探放水中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(5): 17-19.
- [9] 张洪健, 李长青, 姜文治, 等. 千米钻机定向钻进技术在矿井防治水中的应用[J]. 中州煤炭, 2012, (9): 112-114.
- [10] 李得新, 首照兵, 章述. 螺杆马达在极倾斜地层中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(2): 67-69, 73.