

# 煤层气 U 型对接井施工关键技术

熊亮<sup>1</sup>, 张小连<sup>2</sup>

(1.河南省煤田地质局,河南 郑州 450052; 2.河南省煤田地质局三队,河南 郑州 450052)

**摘要:**煤层气地面排采先后经历了常规直井、常规定向井、U 型井以及羽状分支井等阶段,其中 U 型井具有同步排采、占地少、最大限度沟通煤层裂隙等优点而逐渐成为当今煤层气地面排采的新宠。以 YQ-01 井组为例,对 U 型对接井施工中难点问题进行了梳理,提出了各主要施工阶段需要注意事项及技术措施,解决了井眼轨迹控制难、复杂情况高发、水平井与直井连通精度高等问题。节省了钻井成本,为后续煤层气 U 型对接井施工提供了技术借鉴。

**关键词:**煤层气;U 型对接井;定向钻井

**中图分类号:**P634;TD842 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)02-0033-03

**Discussion on Key Technologies of U-shaped Connected Wells Construction for Coalbed Methane/XIONG Liang<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-lian<sup>2</sup>** (1.Coalfield Geology Bureau of Henan Province, Zhengzhou Henan 450052, China; 2.The 3rd Team, Coalfield Geology Bureau of Henan Province, Zhengzhou Henan 450052, China)

**Abstract:** Coalbed methane surface drainage wells has undergone through the stages of conventional vertical wells, directional wells, U-shaped wells and pinnate branch wells, the U-shaped well has gradually become the new favorite method of CBM surface drainage with the advantages of synchronous production, less land occupation and maximizing coal seam fractures connection. Taking YQ-01 well group as an example, this paper sorts out the problems in the construction of U-shaped butted wells and puts forward the attentions and technical measures in main construction stages to solve the difficulties in well trajectory control, high occurrence of complicated situation and high accuracy of horizontal and vertical wells connection with drilling cost saving, which provides technical reference for the subsequent construction of U-shaped butted wells of CBM.

**Key words:** coalbed methane; U-shaped butted wells; directional drilling

## 1 工程概况

阳泉地区煤炭资源丰富,主采 15 号煤,煤种为无烟煤,透气性系数为  $0.175 \text{ m}^2/\text{MPa}^2 \cdot \text{d}$ ,不利于抽采瓦斯,瓦斯含量平均为  $11.22 \text{ m}^3/\text{t}$ ,矿井为煤与瓦斯突出矿井。为提高阳泉地区煤层气产能,决定在阳泉寺家庄矿区内设计施工一组 U 型工程试验井,目的在于提高开采效率,实现安全科学开采。

YQ-01 井组包含 YQ-01V 和 YQ-01H1 两口井,其中 YQ-01V 是一口洞穴直井,YQ-01H1 是配套施工的一口定向水平井。

该井组钻探目的层为太原组含煤层气煤层,设计垂深 685.00 m,完钻层位为本溪组。YQ-01V 井钻穿 15 号煤层后 25 m 完钻,YQ-01H1 水平井设计着陆点在 9 号煤层下部,完钻层位为太原组底,不钻穿本溪组,完井方法为套管固井完井,根据实际情况调整着陆点位置。

## 2 钻井设计

### 2.1 YQ-01 井组井身结构

YQ-01 井组井身结构示意图见图 1。

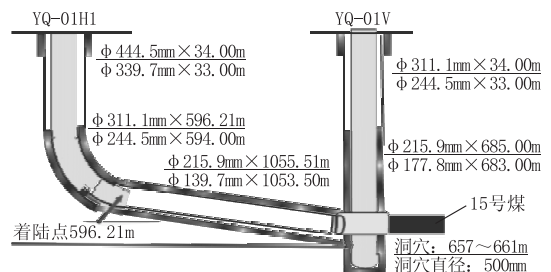


图 1 YQ-01 井组井身结构示意图

### 2.2 井眼轨迹设计

**直井设计:**按煤层气常规开发直井设计及施工完井。

**水平井设计:**设计原则以简单为主,设计与施工相结合,直-增-稳是目前水平井设计的最理想、结构最简单的方法,这种结构也更利于下部钻井的顺利

收稿日期:2017-08-11; 修回日期:2017-11-27

作者简介:熊亮,男,汉族,1983 年生,地质工程专业,硕士,从事钻探技术管理工作,河南省郑州市郑东新区商鼎路 70 号 2432 室,36.8du@126.com。

施工。由于水平段要穿煤层,所以着陆点的选择很重要,一般通过直井煤层的埋深,煤层的倾角,用三角函数来推算着陆点的位置,着陆点位置算出来以后再确定直井段的长度,即造斜点,造斜点的确定原则是在满足水平段井斜的前提下尽量往上提,目的是给二开造斜钻进提供有利的造斜率调整空间,这样二开的井身更加平滑更有利于下步钻进和下套管作业。

对接设计:在直井和水平井设计完成后,将两个

井的设计合并即为对接设计。在设计水平对接井时,要考虑到磁偏角及子午线收敛角的影响。磁偏角每年都在变化,直接影响的是井的方位,设计时要对磁偏角作出说明。还要注意井的海拔,计算着陆点时要将直井的煤层位置和水平井的煤层位置转化到同一基准面内。

### 2.3 钻具组合

定向水平井钻具组合以保证井下安全为主,尽量简化钻具结构(见表1)。

表1 定向水平井钻具组合

开钻次序	钻具组合
一开直井段	Ø444.5 mm 钻头+730×630 双母接头+Ø203 mm 钻铤1根+631×410 变扣接头+Ø177.8 mm 钻铤4根+Ø127 mm 钻杆
二开直井段	Ø311.15 mm 钻头+630×4A10 双母接头+Ø165 mm 无磁钻铤1根+4A11×410 变扣接头+Ø177.8 mm 钻铤3根+Ø127 mm 钻杆
二开造斜段	Ø311 mm 钻头+Ø197 mm 单弯螺杆+431×4A10 变扣接头+MWD 短节+Ø177.8 mm 无磁钻铤1根+Ø127 mm 加重钻杆2根+Ø177.8 mm 钻铤4根+Ø127 mm 钻杆+Ø127 mm 加重钻杆8根+Ø127 mm 钻杆
三开水平段	Ø215.9 mm 钻头+Ø165 mm 单弯螺杆+Ø165 mm 定向接头+Ø165 mm 无磁钻铤+Ø165 mm 间隙短接+Ø165 mm 电池短接+Ø165 mm 加长短接+Ø127 mm 钻杆+Ø127 mm 加重钻杆8根+Ø127 mm 钻杆+Ø177.8 mm 钻铤4根

注:钻具组合设计仅供参考,施工时根据现场具体情况适当调整。

### 2.4 钻井设备

根据钻井设计要求,选用 CMD100 型多功能动力头车载钻机。该钻机提升能力 100 t,下压能力 20 t,转速 0~300 r/min,最大扭矩 27500 N·m,性能满足施工要求。该钻机机动性强、搬迁运输方便、现场就位准确快捷;采用全液压多回路控制,具备多项安全保护的功能;具有调节钻压的功能,可根据地层情况有效地控制钻进力的大小;留有气水管路接口,可根据不同的施工工艺配套相关的辅助设备;为确保安全生产需要,钻机钻台高度能够安装井控设备(防喷器、导流器、防尘设备等)。

### 2.5 施工难点

煤层气 U 型井水平段长度 400~1000 m,全井深度在 1000~1600 m,作为新型钻井,综合了水平井钻井、两井连通、地质导向等多种先进技术,钻井难度大。总结施工中遇到的技术难点主要有:井眼轨迹控制难度大、复杂情况高发、水平井与直井连通精度高等。

## 3 施工关键技术

### 3.1 水平井直井段施工

直井段施工一般要求“防斜保直”,假如钻至造斜点时直井段不直,造斜点处由于有一定的井斜角不仅会影响后续定向造斜,还会因为井斜形成的位移影响下一步井身轨迹控制。假如造斜点处是负位

移,为了满足设计要求,需要比设计更大的造斜率和井斜角。如果是正位移则相反。假如造斜点处的位移偏离设计方向两侧,那么原本二维的定向井变成了三维定向井,下一步井身轨迹控制的难度也将进一步增加。由于水平井直井段的井身轨迹控制精度较普通定向井要求高,在地层稳定的地区,可以使用钻头+无磁+钻铤的常规钻具钻进,钻进中要及时测斜,发现井斜异常要轻压吊打,必要时使用螺杆纠斜;在地层不稳定、地层倾角大的地区,可以直接使用钻头+螺杆+无磁(MWD)+稳定器的钻具组合,这样可以及时纠斜,减少起下钻,节约钻井成本。

### 3.2 水平井增斜段的定向施工

决定水平井井身质量的两个因素是井斜和方位,增斜段施工需要注意以下几点。

(1)在增斜段施工中,井斜要做到寸高必争,方位控制要赶早避晚。因为螺杆的造斜率是一定的,前期造斜率高后期就可以造斜率低一点;如果前期造斜率不够,则对后续造斜率的控制要求就更高,有可能会造成井身轨迹不平滑,影响后期下套管。

(2)增斜段要保证勤测斜勤预测、勤分析,随时调整钻具组合以满足造斜需要。水平井增斜段施工要求每打一根都要测斜,前期定向时要及时做好记录,目的是观察井下动力钻具的造斜率,若造斜率满足设计要求,就可以一直使用该钻具组合;若造斜率不够,要及时调整,使用造斜率更大的动力钻具;若

造斜率超过设计的造斜率时,可以开转盘进行复合钻进,实行稳斜钻进。

(3)在水平井的施工中,要严禁大范围扭方位。在增斜段前期 30~50 m,要扭正到设计方位,后期的方位一般只是微调。由于设计的着陆点是根据直井推算而来,实际上下部煤层并不是统一的倾角,煤层可能有起伏,在增斜段快达到着陆点时,要认真对比地层及录井资料,通过上部地层或者可靠的标志层来调整下部的造斜率,当达到设计着陆点仍然没有见到目的层的时候,要将设计井斜减小  $2^{\circ}\sim 3^{\circ}$ 再继续稳斜钻进,直到见到目的层,方可二开完钻。

### 3.3 水平井水平段的定向施工

水平段施工重点是满足设计煤层的钻遇率。水平段作业中使用的仪器多为 EMWD,该仪器通过电磁波传输信号,在仪器下部安装了一套方位伽马测量系统用于辨别地层,由于煤层的伽马值相对较低,当仪器从煤层钻入顶板或底板时伽马值会有明显变化,通过观察上下伽马值来辨别是进入顶板还是进入底板。伽马值统一由低到高说明钻出煤层,出煤层时观察上下伽马值,若几组伽马数据都是下伽马值大,上伽马值小,说明钻遇的是底板,就要增大井斜;若几组数据是下伽马值小,上伽马值大,说明钻遇的是煤层顶板,就要降低井斜;若几组数据伽马值交替变化,这种情况往往认为钻遇的是煤层的夹矸。水平段施工只要保证在煤层中钻进即可,水平段要控制好方位,发现实钻轨道与设计轨道有偏差时要及时调整,避免因为方位误差太大而对接不上直井。实际施工中一般控制闭合方位不大于设计闭合方位  $+0.5^{\circ}$ 。

### 3.4 水平井与直井的对接施工

水平段钻进至距离连通点 100 m 左右时,起钻进行最后的连通作业。连通作业所用的仪器为 RMRS 磁性导向测量仪,该仪器能稳定接收到磁信号的距离为 80 m 左右。下钻时将带有强磁的接头下到钻头与螺杆之间,用于发射磁信号。在直井中下入测量探管,用于接收信号。对接工作是关键,需要注意以下 2 点。

(1)每打一单根,定向人员要与导向人员沟通井斜和方位,导向人员通过测算钻头与探管之间的位置关系,发出下步定向作业指令。由于煤层相比岩层较软,定向工具面很不稳定,摆工具面时不能盲目操作,要提前总结该煤层中钻头的反扭角度数,把工

具面稳定到需要的位置上再开始钻进,钻进时压力要与反扭角相结合。

(2)在钻进至离连通点 4~5 m 时,从直井中起出测量探管,直井井口加装防喷阀门,再继续实施定向井钻进。连通后泥浆会从直井迅速喷出,泥浆喷出说明连通成功,此时关闭阀门。若继续钻进直井无泥浆喷出,钻头可在连通点复合划眼冲孔,用泥浆的冲击力冲开玻璃钢套管。若在连通点多次冲孔仍然没有泥浆喷出,则连通失败,出现这种情况需要查找原因,退回侧钻,重新实施连通作业。

## 4 施工效果

通过以上对各施工井段关键技术的严格把控, YQ-01H1 水平井施工顺利,定向段井眼轨迹如图 2 所示。

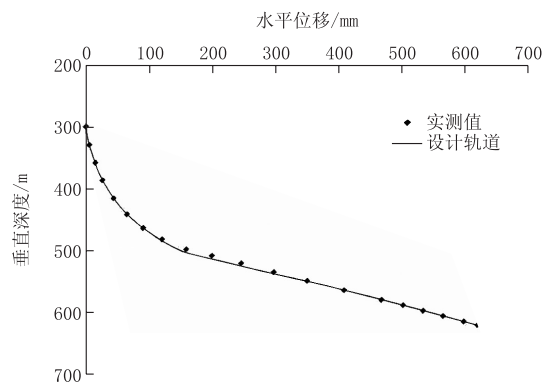


图 2 YQ-01H1 井定向段轨迹示意图

直井段:在综合设备工具和地层因素基础上,采用塔式钻具组合轻压吊打,适当给压和加大转速,缩短了施工周期。增斜段:着陆控制技术是增斜段轨迹控制的关键,着陆控制的技术要点可以概括为:略高勿低、先高后低、寸高必争,早扭方位、稳斜探顶、动态监控、矢量进靶。水平段:轨迹控制要点是:钻具稳平、上下调整、多复合钻进、注意短起、动态监控、留有余地、少扭方位。对接段:采用旋转磁测距系统(RMRS),实时测量钻头与目标靶点间的方位,精确指导钻进操作,最终使水平井钻进准确中靶。

## 5 结语

水平对接井的定向施工极其复杂,每个环节都很重要,可以说是牵一发而动全身,所以定向工作要严谨,要认真研究定向过程中出现的各种复杂问题,

(下转第 51 页)