

煤层气定向羽状水平井钻井技术研究

黄洪春 卢明 申瑞臣

(中国石油勘探开发研究院廊坊分院)

黄洪春等. 煤层气定向羽状水平井钻井技术研究, 天然气工业, 2004; 24(5): 76~78

摘 要 从煤储层特性分析入手, 讨论了现有煤层气井增产技术的不足, 阐述了用特殊的羽状水平井来提高煤层气单井产量的有利条件。并通过室内实验和研究, 介绍了煤层气定向羽状水平井的设计方案、钻井关键技术和主要工具结构原理, 提出了在国内现有技术与装备条件下相应的实施方案和建议。所述技术对中国煤层气的开发具有实际应用价值。

主题词 煤层气 羽状水平井 设计 钻井技术

煤层实施羽状水平井的有利条件

由于垂直井贯穿煤层割理系统长度有限(通常为煤层厚度), 而煤层气藏基岩渗透率很低, 为获得经济产量需要对煤层实施增产措施。从我国煤层气试验井来看, 先后试验了水基压裂液压裂、 CO_2 泡沫压裂、裸眼洞穴等多种增产技术措施。

对各向异性的煤层气藏压裂水力裂缝方位研究表明, 水力裂缝通常沿与面割理(煤层主应力和渗透率方向)平行方向延伸, 不能充分地进入煤层深部。加之煤层机械强度低、易压缩, 压裂裂缝难以控制, 压裂砂易嵌入煤岩使其对煤层的支撑效果大大降低, 并有可能在裂缝周围形成一个屏障区。从 8 口裸眼洞穴完井的试验情况来看, 因造洞穴方式和施工工艺的不同, 未达到改善近井地带渗透率而使增产效果差。

理论研究和常规油气储层实践证明, 当储层纵横向渗透率比值大于 0.1 时钻水平井效果显著, 其产量可达直井的 3~10 倍, 煤层气储层渗透率完全符合该条件。

要在渗透率较低的煤储层中获得经济的煤层气产量, 需要更多的煤层裸露和割理系统沟通才能实现, 而羽状分支水平井可以做到这点。

综上所述, 煤层气储层具有钻羽状水平井有利

的条件。

煤层气定向羽状水平井设计

所谓羽状分支水平井是指在一个主水平井眼两侧再侧钻出多个分支井眼作为泄气通道, 分支井筒能够穿越更多的煤层割理裂缝系统, 最大限度地沟通裂缝通道, 增加泄气面积和气流的渗透率, 使更多的甲烷气进入主流道, 提高单井产气量。

1. 煤层气羽状水平井完井方法

对于煤层气定向羽状分支水平井的完井方式, 工艺较简单, 主要采用裸眼完成, 直接投产。

2. 井身结构

煤层气需要通过排水降压解吸附才能产出, 因此, 定向羽状水平井井身结构必须考虑排水采气。参考美国已成功完成的羽状分支水平井钻井方案^①, 结合我国煤层特点提出如下两种井身结构方案。

方案一, 需要另钻直井抽排水。 $\varnothing 215.9$ mm 井眼在目的煤层顶部下入 $\varnothing 177.8$ mm 技术套管并注水泥固井; 用 $\varnothing 152.4$ mm 钻头小曲率半径造斜进入煤层, 并在煤层中钻 500~1000 m 长的主水平井眼; 然后用 $\varnothing 120.6$ mm 钻头由下往上在主水平井眼两侧不同位置交替侧钻出 4~6 个水平分支井眼。单个水平分支井眼长 300~600 m, 与主水平井眼成 45° 夹角, 全部采用裸眼完井。最后, 在距水平井井

作者简介: 黄洪春, 1966 年生, 工程师; 1986 年毕业于重庆石油学校钻井专业, 现从事煤层气研究与试验工作, 已发表学术论文 10 余篇。地址: (065007) 河北省廊坊市万庄 44 号信箱。电话: (010) 69213379。

① 加里·特瑞特. 新型水平定向钻井系统. 煤矿区煤层气项目投资与技术国际研讨会论文集. 2000 年 9 月北京。

口约100 m且与主水平井眼在同一剖面上设计1口垂直井,并与主水平井眼在煤层内贯通(可采用造洞穴或压裂沟通),下入筛管,保持井眼打开,用于排水降压采气(见图1)。

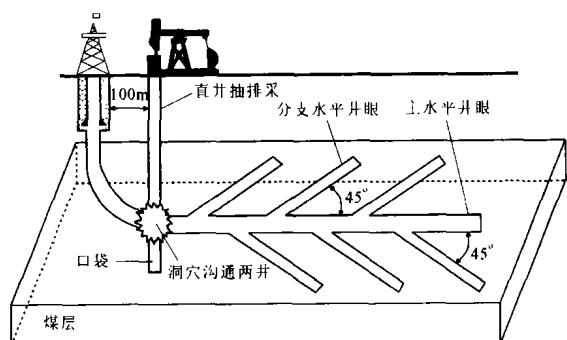


图1 煤层气定向羽状水平井示意图

方案二,主水平井内下入电潜泵直接抽排水采气。为保证电潜泵的顺利下入, $\varnothing 215.9$ mm井眼采用中曲率半径进入煤层, $\varnothing 177.8$ mm技术套管下到煤层部位,分支井眼同方案一。

3. 水平分支井眼剖面设计

井眼轨迹设计坚持以最光滑、最短为原则。首先考虑分支井筒所处的煤层特性,根据煤层性质、地应力的分布状态和最大主应力方向、煤藏单元的几何形状和甲烷的流动控制要求等因素来确定井眼轨迹的设计,使主水平井眼沿最小应力方向钻进,钻井复杂情况最少并且钻进速度快,可获得较大的水平位移。

主水平井眼采用中、小曲率半径和“直—增—增—稳(水平段)”的连增复合型剖面,井眼轨迹圆滑、摩阻和扭矩小,造斜点选在煤层顶部砂岩上。分支井眼采用中曲率半径和“增—稳”剖面,与主水平井眼呈 45° 夹角。

定向羽状水平井钻井关键技术

通过对美国煤层气羽状水平井钻井技术和国内分支井技术的研究表明,在煤层中实施定向羽状分支水平井钻井主要有以下几项关键技术。

1. 铰接式钻具

羽状分支水平井的井眼轨迹是空间弯曲线,既有井斜的变化又有方位的变化,如何使刚性较大的钻铤和钻杆能造出这种井眼曲率并顺利重入,通常需要在钻铤或钻杆连接处加装一个具有柔性连接的

铰接式接头。这种接头具有万向节的功能,在一定角度范围内可以任意方向转动,同时具有密封功能。此外,采用铰接式钻具组合,最大限度降低扭矩、摩阻和弯曲应力。

2. 可回收式裸眼封隔器/斜向器

斜向器是分支井钻井的关键技术工具,对分支井的钻井起着至关重要的作用,它在分支点处引导钻头偏离原井眼按预定方向进行分支井眼的钻进。

煤层气钻进中的斜向器是可回收式带裸眼封隔器的,它由斜向器和封隔器两部分组成,斜向器的斜面上开有送入和回收的孔眼,用于施工作业中送入和回收斜向器,可膨胀式封隔器用于固定和支撑斜向器。

3. 井眼轨道控制

由于煤层可钻性好,钻速快,单层厚度薄(3~6 m),井眼轨迹控制难度大。为将井眼轨迹控制在煤层内,可采用“LWD+泥浆动力马达”或地质导向钻井技术。实现连续控制,滑动钻进,提高轨迹控制精度,加快钻进速度。同时要避免井眼轨迹出现较大的曲率波动。钻进中尽量避免大幅度变动下部钻具组合结构、尺寸和钻进参数,并控制机械钻速在一定范围内变化,防止井眼出现小台肩现象。

4. 煤层井壁稳定性

由于煤层割理发育、机械强度低、易碎易跨。则井壁稳定是定向羽状水平井成败的关键之一。为此,我们对山西晋城地区3#煤层进行了煤样三轴应力井壁稳定性模拟实验研究,确定防止煤层破裂的最大允许钻井液密度和防止井眼坍塌的最小钻井液密度值。研究表明,保持晋城地区3#煤层水平井眼稳定的钻井液密度窗口为 $1.20\sim 1.50$ g/cm³。

除密度外,钻井液与地层的相互作用,也影响煤层水平井眼稳定。当煤层井壁有钻井液渗入时,流体的渗入使得割理面的有效正应力大大减小,割理张开距离变大,井周渗入钻井液的块体变得疏松,松散的块体很容易被循环的钻井液冲刷掉而造成井径扩大。钻井液密度越高,流速越大,张开的割理面越多,割理张开的距离越大,煤层井壁越不稳定。

因此,钻井液应有良好的润滑性、抑制性、携岩性和防塌性能,严格控制失水和滤液化学性质,适当提高滤液粘度,减少或削弱毛细管效应,降低泥饼的渗透率。并采取相应稳定井眼的工程技术措施:①造斜点以下地层和煤层段全部采用井下动力钻具。

钻柱不旋转,工作较平稳,有利于保持煤层井壁稳定;②尽量不用螺旋稳定器。要用则采用大欠尺寸螺旋稳定器,以减少对煤层井壁碰撞。③快速钻完煤层水平井段。

但对那些较疏松、破碎的粉煤层,井壁极易垮塌,不宜钻羽状分支水平井。

5. 主要钻进工艺

为使主水平井眼和分支井的位置最佳,垂直井段必须经过精心设计和钻进,要利用煤层上方压实砂岩进行裸眼造斜和稳定短半径弯曲井段,并达到良好的地层控制。

分支水平井眼钻井顺序是由下往上逐个分支钻成的。工艺步骤如下。

(1)当钻完主水平井眼后,调整钻井液性能确保水平井段内岩屑清洗干净、无底边岩屑床,煤层井壁稳定。

(2)起出钻具,下入可回收式斜向器到预定分支点位置,定向后座封;然后下入带“LWD+泥浆马达+高效钻头”的钻具,侧钻出一个水平分支井眼。

(3)钻完第一个分支井眼后起出钻具,下入专用工具将斜向器起出;重复上述方法钻完设计分支井眼个数后裸眼完井。

结论和建议

(1)煤层渗透率各向异性显著,具有钻水平井有利的储层条件。

(2)羽状水平井能最大限度地沟通煤层割理系统,增大煤储层的泄气面积,从而提高煤层气单井产量,降低综合成本,实现低渗煤层气经济开采。

(3)在煤层中钻中曲率半径分支水平井的工具、测量仪器、设备和工艺技术国内已基本具备,可先试验2分支水平井,待取得经验后再实施羽状多分支水平井。

(4)羽状水平井可以把钻井、开发及提高采收率有机地统一起来,是一项对我国低渗煤层气开发有重要意义的新兴技术。

参 考 文 献

- 1 郎春艳. 利用多分支井技术降低钻井成本保护环境. 国外油田工程, 2000; 5: 20~23
- 2 赵阳升等. 低渗透煤储层煤层气开采有效技术途径的研究. 煤炭学报, 2001; 26(5): 455~458
- 3 Logan T L, Schwoebel J J. Application of horizontal Drainhole Drilling Technology for coalbed Methane Recovery. SPE 16409
- 4 Weiguo Chi, Luwu Yang. A feasible discussion on exploitation coalbed methane through horizontal network drilling in China. SPE 64709
- 5 Successful multi-lateral technology goes west Virginia. Newsletter, 2002; 3(3): 5~6

(收稿日期 2003-10-15 编辑 黄君权)

哈萨克斯坦—中国的输气管线可行性研究将在 2004 年完成

据哈萨克斯坦国家石油天然气公司 KazMunaiGaz 负责运输及销售项目的经理 Kaigeldy Kabyldin 在哈萨克斯坦 Almaty 地区召开的国际石油天然气大会上透露:关于将哈萨克斯坦的天然气管线运输到中国的项目可行性研究有望在 2004 年秋天前完成。计划将哈萨克斯坦的管线与“西气东输”的管线相连,并以此连接两个国家的管输天然气。

(蒋静萍 摘译)