

# 煤层气多分支水平井施工工艺

王 剑, 崔秀奇, 杨国军

(山西潞安环能股份公司, 山西 长治 046204)

**摘 要:** 以潞安矿区第一口多分支水平井 LA - 01H 的实钻工程资料和现场施工经验为基础, 总结了 LA - 01H 井钻井工艺特点, 深入剖析钻井工艺中的经验和教训。通过对多分支水平井进行技术研究, 为煤层气开发提供了一种新的方法。

**关键词:** 煤层气; 多分支水平井; 施工工艺

**中图分类号:** TD845 **文献标识码:** B **文章编号:** 1671 - 0959 (2010) 02-0030-02

我国煤层气资源非常丰富, 但从目前所开发的煤层气井看, 产量普遍偏低, 气产量衰减快, 制约了煤层气勘探开发的步伐。究其原因在于我国煤层普遍具有储层压力低、渗透率低的特点。多分支水平井技术是近年发展起来的一种集钻井、完井与增产措施于一体的新技术, 特别适合于开采低渗透储层的煤层气。这种技术是在一个水平井眼两侧再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裂缝, 最大限度地沟通裂缝通道, 增加泄气面积和地层的渗透率, 从而提高单井产量。

## 1 国内外研究现状

美国公司最早发明并采用羽状分支水平井技术进行煤层气开发。该项技术具有产量高、采收率高、控制面积大、不受地形环境影响等优点。截止到 2004 年底, 已钻煤层气羽状分支水平井 200 余口, 形成了煤层气羽状分支水平井钻井、开采设计与施工的一系列工程技术, 近几年被美国环保局和天然气产业部门指定为开发煤层气的推广技术。

我国煤层气羽状多分支水平井研究还处于初期阶段。2004 年 11 月在山西沁水盆地大宁煤矿完成了国内第一口煤层气多分支水平井—DNP02 井, 煤层中水平进尺达到了 7687m。2004 年 11 月 28 日, DNP2 井正式投入生产, 排采 135d 后稳定产量在 20000m<sup>3</sup>/d 左右, 实现了预期工艺和产能的双重突破。2005 年在山西宁武盆地施工了多分支水平煤层气井武 M1 - 1 井, 这是我国依靠自己的技术力量打出的第一口井多分支水平井。该井垂深达 900m, 是世界最深的一口煤层气多分支水平井。其后, 陆续的在沁水盆地组织施工成功了若干口多分支水平井, 其中在沁水樊庄区块的水平井最高产量达到了 10 万 m<sup>3</sup>/d。

## 2 潞安矿区多分支水平井钻井工艺

潞安矿区多分支水平试验井由一口垂直井 LA - 01V 井

与一口水平分支井 LA - 01H 井组成。钻井施工工艺较复杂, 先在距离水平井井口 (LA - 01H) 东北方向约 210m 处钻一口垂深为 665m 的垂直井 (LA - 01V), 在山西组 3<sup>#</sup>煤层段下插入 1 根长度约 8m 的玻璃钢管套管。进行固井作业后, 下入刮管器破碎煤层段的玻璃钢管套管和水泥环, 再下入井下扩孔工具, 在 3<sup>#</sup>煤岩井段做人工洞穴, 其中煤岩段并孔直径扩到 0.5m 左右, 以利于井眼连通。直井造洞穴结束后, 水平井场安装钻机, 进行水平井的钻井作业。水平井 (LA - 01H) 由 311.1mm 钻头开眼, 钻至井深约 80m 的位置下入 244.5mm 表层套管, 进行固井作业。然后更换为 216mm 的钻头第二次开钻, 钻进至井深 421m 处, 结束直井段施工。开始连续定向造斜至井深至 661m, 下入 177.8mm 的套管。之后更换使用 120.6mm 钻头第三次开钻, 共在煤层段水平钻进超过 3500m。LA - 01H 井井深结构图如图 1 所示。

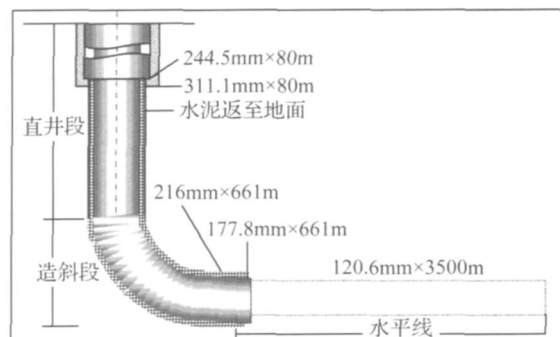


图 1 LA - 01H 井井身结构图

根据 LA - 01H 多分支水平井在钻井过程中存在的主要技术难题, 通过大量的资料调研、论证分析、研究试验, 形成了一套完整的可行性工程技术和完井技术方案, 使用了两井连通技术、水平井技术、分支井技术、随钻地质导向技术、欠平衡技术、悬空侧钻技术等多种国内外最新技

收稿日期: 2009 - 06 - 03

作者简介: 王 剑 (1980 - ), 男, 山西长治人, 2007年毕业于中国矿业大学, 现从事地面瓦斯抽采开发管理工作。

术工艺, 收到良好的应用效果。

## 2.1 电磁波随钻测量技术

在钻井工程中, 随钻测量 (MWD) 是井眼轨道监测与控制中的一项核心技术。随钻测量是指在不停钻情况下, 在钻头附近安装的测量设备随时测量井下各种参数, 并保存在固态存储器上, 然后通过某种介质 (电缆、钻井液、电磁波) 发送到地面, 经计算机系统采集处理后, 得到实时的井身参数及地层参数。电磁波随钻测量 (EM - MWD) 技术是利用电磁信号实现信息传输的一项新技术, 具有信号传输速度快、不需要循环钻井液便可传送数据、测量时间短、成本低等特点。特别是, EM - MWD 系统基本上不受钻井液介质的影响, 不仅适用于常规钻井液中的随钻测量, 而且还适用于在气体、泡沫、雾化、空气、充气等钻井液中使用, 从而解决了钻井液脉冲 MWD 系统难以逾越的随钻测量难题。

本次水平段施工采用电磁波随钻测斜仪, 仪器不仅具有测斜的功能, 还具有随钻测井 (LWD) 的功能, 除了可以随时测量井眼轨迹参数, 还可以测量很多测井参数以及环空压力、环空当量密度、井温等多种参数。

## 2.2 小井眼钻进技术

由于本区块相对而言, 煤质较软, 疏松易垮塌, 考虑到使用小井眼钻井技术, 井眼不易垮塌, 而且钻井液消耗量等较小。由于水平钻井遇到的摩阻很大, 使用小井眼钻进的困难在于钻杆较细, 无法给钻头传递较大钻压, 钻进过程中增斜和扭方位均困难。本次分支钻进, 在初始井段采用复合钻进方式, 即滑动钻进和旋转钻进相结合的方式。以便控制好井眼轨迹, 保持轨迹尽量光滑流畅。在后面井段钻进中, 由于摩阻过大, 定向钻进十分缓慢, 基本采用旋转钻进。在旋转钻进中, 每打一个单根, 及时测量井斜和方位, 为下面钻进提供依据。

## 2.3 两井连通技术

采用的两井连通技术, 达到了很好的效果。连通过程中首先在直井 (洞穴井) 中下入探管, 在钻头处连接一个永磁短节。连通前首先将直井 LA - 01V 井的坐标数据和 LA - 01H 井中 MWD 随钻测斜的数据输入到配套采集软件中, 初始化坐标系。当钻头进入到探头的测量范围后, 接收仪器就可以不断地收到当前磁场的强度值, 然后根据采集的测点数据判断出当前的井眼位置, 实时计算当前测点的闭合方位并预测钻头处方位的变化, 然后及时将井眼方向纠正至洞穴中心的位置。并将结果与在 LA - 01V 的监视磁场强度对比, 在离 LA - 01V 井还剩 10m 时, 将探头取出, 钻头沿设计轨迹钻进, 达到了一次连通。两井连通施工工艺如图 2 所示。

## 2.4 欠平衡钻井技术

欠平衡钻井是指钻井过程中钻井液液柱压力低于地层孔隙压力, 允许地层流体流入井眼、循环出并在地面得到有效控制的一种钻井方式。使用这种钻井方式用于煤层气井的好

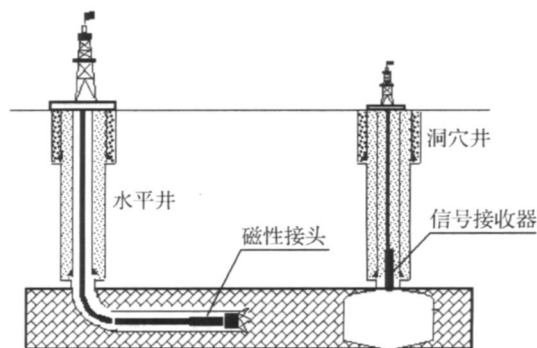


图 2 两井连通示意图

处在于由于钻井液柱压力低于地层压力, 钻井液不会渗入地层, 从而不会导致因钻井液将煤层裂隙堵塞造成以后抽采煤层气困难。LA - 01H 井利用直井将压缩空气注入到水平井的环空, 以减少泥浆的当量密度, 从而降低液柱对井底的压力, 最后达到在井底形成负压差以实现欠平衡钻井。

## 2.5 分支侧钻技术

煤层中的各个分支是在裸眼中侧钻完成的, 裸眼侧钻是煤层气多分支井钻井中的难点。目前国内多采用悬空侧钻技术来进行各分支水平井眼侧钻。侧钻时起钻从每一个分支的设计侧钻点上部开始, 然后上提下放, 将钻柱中的扭力释放后开始悬空侧钻。现场人员根据马达压差、测斜数据、钻井参数的变化, 及时判断侧钻是否成功。LA - 01H 共钻出两个主井眼和六个分支井眼, 基本达到了设计要求。

## 3 结 语

1) LA - 01H 多分支水平井, 成功采用了国内外最新的多分支水平井技术。在本区煤层不稳定、煤层倾角变化大的情况下, 掌握了一套完整的水平井钻井技术, 形成了一套经济有效的水平多分支井施工作业规范。

2) 在钻进造斜段中, 需选用造斜能力比设计井眼轨迹造斜率稍大的螺杆钻具, 这样既可以减少下钻的次数, 又可以增大旋转钻井进尺的比例。

3) 水平井施工的最大难点在于在疏松的煤层中水平钻进, 既要防止煤层井壁的坍塌, 造成卡钻, 井眼报废, 又不能使用常规的钻井液进行护壁, 堵住煤层的微小裂隙。目前, 国内相关研究还不成熟, 低摩阻、低伤害无固相钻井液是以后研究的重点。

## 参考文献:

- [1] 董建辉, 张宁生, 李天太, 李文卉. 樊庄区块煤层气羽状水平井钻井实践 [J]. 天然气工业, 2007, 23(3): 55 ~ 57.
- [2] 饶孟余, 杨陆武, 张遂安, 梁乙伟. 煤层气多分支水平井钻井关键技术研究 [J]. 天然气工业, 2007, 27(7): 52 ~ 55.
- [3] 乔磊, 申瑞臣, 黄洪春. 煤层气多分支水平井钻井工艺研究 [J]. 石油学报, 2007, 28(3): 11 ~ 15.

(责任编辑 李泽莹)