提高煤层气水平井固井质量技术措施

石刚刚 (山西省大同市云冈区白洞矿业公司, 山西 大同 037000)

摘要: 钻井是煤层气勘探与开发的主要手段, 钻井工程质量的优劣和钻井速度的快慢, 直接关系到钻井成本的高低和煤层气勘探开发的综合经济效益。钻井工程就是从开钻到钻至勘探开发目的层, 钻完全井进尺的钻进过程。煤层气井类型有直井、水平井 2 大类。其中, 直井开发影响范围小, 单井产量往往较小, 经济效益不佳; 水平井通过改变煤层气储层结构及应力分布, 从而增加储层透气性, 扩大降压排采范围, 单井产气量一般是定向井的几倍甚至几十倍。

关键词: 煤层气; 水平井固井; 措施

0 引言

为响应国家政策号召, 落实宁夏回族自治区第十二次党代会生态立区战略部署, 为了解决煤矿瓦斯威胁, 减少瓦斯事故的发生, 同时为了发掘新能源潜力, 为当地经济发展提供可靠的资源保障, 为我区洁净能源有效利用打开局面。通过分析煤层气分析多分支水平井工艺技术、国内外多分支水平井工程施工现状及多个区块前期工程实践, 剖析多分支水平井钻井的主要常见问题, 找到相应解决办法, 为后期煤层气多分支水平井开发提供指导意义。

1 影响煤层气水平井固井因素

通过对大倾角低阶煤不同完井方式实际产气效果的研究对比, 得出套管固井射孔完井具有普遍适应性的结论。L 型井使用水泥固井时, 自由水的成分比直井减少更多。这是因为由于密度关系, 游离水在井筒顶部分离, 密度较高的水泥在底部下沉, 导致固井质量差。为了避免这种现象, 进行了相应的试验。影响大斜度井、L 型井固井质量的因素, 主要有: ①钻井液在井眼低边的固相沉积易形成钻井液滞留而影响水泥环质量; ②由于拉力和自身重量作用, 套管总是靠向井眼的上井壁或下井壁而形成管柱偏心, 严重影响水泥浆的顶替效率; ③水泥浆析出的自由水在井眼高边聚集, 形成通道, 而导致水泥浆窜槽; ④水泥浆的稳定性差导致颗粒沉淀, 井眼高边水泥浆变稀, 低边水泥浆变稠, 凝固后高边水泥石强度低, 低边强度高, 不能充分分隔层间, 导致井内流体在环空中流动。

2 提高煤层气水平井固井措施

2.1 一边钻一边完井

气层地质特征脆弱, 易坍塌, 气层内煤层易坍塌。如果煤层受到冲击, 煤层会变形或坍塌。鉴于上述情况, 在采矿和钻探工作中应采用钻完井技术。其优点是大大缩小煤层坍塌范围, 避免大规模变形, 大大降低钻孔危险性, 提高钻孔效率。一边钻一边完井的工艺原理是诱导其变形或者坍塌, 利用非常规方法提高煤层环境渗透性能, 也就是在出现漏失、坍塌情况下进一步诱导进行堵塞的疏通, 从而使堵塞、坍塌物被剔除后, 在进行煤气层的开采作业。一边钻一边完井的工艺, 是一种

应用的环境比较独立的钻井保护工艺。它的缺点是由于工艺采用逆向的思维获得的工艺, 所以存在不足, 在应用过程里, 必须严格按照规范进行操作。

2.2 造斜段及水平段控制

水平井钻井过程中简化钻具组合, 减少钻铤使用长度, 用加重钻杆代替钻铤, 可有效降低摩擦, 降低施工难度。为了减少斜井钻具的摩擦, 采用柔性斜井钻杆优化钻具组合, 用加重钻杆代替钻铤, 尽可能简化钻具结构, 减轻井底重量, 保证井底在钻头上获得足够的重量, 减少卡钻的机会。使用 LWD 随钻地质导向系统, 随钻测量自然伽马、电阻率曲线。根据随钻测井, 确定目的层顶界深度, 跟踪调整井眼轨迹, 根据实际情况采用滑动钻进和复合钻进两种方式施工, 随时调整井斜方位。在工程实施过程中, 根据现场需求及时优化钻具组合, 并为后续工程的实施积累经验。使用相关材料控制地层造浆, 确保上部井眼稳定; 适量采用防塌钻井液体系能, 提高钻井液的润滑防塌性能, 保证斜井段及水平段井眼的质量。

2.3 调整钻井液性能

钻井液性能是影响固井顶替效率的关键参数。只有钻井液的凝胶强度被破坏, 钻井液的屈服应力被克服, 才能将井眼环空狭窄间隙中的钻井液驱离。以隔离液代替钻井液为例, 隔离液首先倾向于向上流入环形宽间隙, 而窄边间隙流体保持静止或缓慢流动。窄边间隙的流体产生流动的前提是摩擦压力降与水泥浆或隔离液和钻井液密度差产生的剪切应力之和大于钻井液的屈服值, 而降低钻井液的屈服值可以提高窄边间隙中钻井液的替浆率, 但同时必须满足钻井液悬浮固相颗粒的要求, 防止在井眼底边形成沉积床。所以竭力降低屈服值是不现实的, 只能把屈服值降低到合适的范围。

2.4 泡沫保护钻井

泡沫保护钻井的工艺可分成两类: 一是稳定型的泡沫保护工艺。二是硬胶型的泡沫保护工艺, 两种保护工艺共同点是, 泡沫均采用 3 种成分研制, 其成分分别是空气、稳定剂以及发泡剂。不同点是成分中最关键的部分不同, 也就是稳定型的泡沫保护工艺中最关键的部分是粘土, 它的主要作用是保证工艺的稳定, 而硬泡沫工

艺中最关键的成分是流体，它们之间存在不同的特点与优势，所以，它们的使用要根据自身优势在不同的环境中发挥作用。稳定型工艺应用在相对复杂、污染物较多的环境中，而硬胶的工艺应用在地质较硬、钻井需要时间长的环境里。泡沫保护钻井的工艺优点，能够使煤层在钻井的过程中不会坍塌、不会受到污染，钻井的速度较高，可以在复杂环境中应用。其缺点是不能进行回收使用，是一次性的煤层气钻井保护工艺。

2.5 泡沫保护钻井

泡沫保护钻井技术可分为两类：一类是稳定泡沫保护技术。另一种是硬橡胶泡沫保护技术。这两种保护技术的共同点是泡沫是用空气、稳定剂和发泡剂三种成分开发的。区别在于组成中最关键的部分，即稳定泡沫保护过程中最关键的成分是粘土，它的主要作用是保证工艺的稳定，而硬泡沫工艺中最关键的成分是流体，它们之间存在不同的特点与优势，所以，它们的使用要根据自身优势在不同的环境中发挥作用。稳定型工艺应用在相对复杂、污染物较多的环境中，而硬胶的工艺应用在地质较硬、钻井需要时间长的环境里。泡沫保护钻井的工艺优点，能够使煤层在钻井的过程中不会坍塌、不会受到污染，钻井的速度较高，可以在复杂环境中应用。其缺点是不能进行回收使用，是一次性的煤层气钻井保护工艺。

2.6 地质导向技术

地质导向技术自 20 世纪 90 年代发展以来，一直是钻井领域的前沿技术。地质导向钻井是一种能够实时测量地层参数和井眼轨迹，并在钻井时绘制各种测井曲线的钻井技术。简单几何制导是以设计的航迹为制导依据，钻入设计的目标区域的导向技术，但是由于地质不确定性带来的误差，导致几何导向不能更好地为工程服务。地质导向不同于几何导向，是根据井下实时上传的地层数据和井眼数据，结合现场掌握的其他资料，有效指导钻井施工，使井眼轨迹最大限度地按照地质目的穿行，提高储层钻遇率。受常规煤层气水平井开发成本约束，在煤层气水平井施工中，随钻地质参数仅为自然伽马或方位伽马，其中以方位伽马应用较广。鉴于此，在煤层气水平井钻井过程中，地层评价必须结合钻时、地质录井、气测录井、工程参数录井等手段作为地质导向的依据，来指导水平井的施工。

2.7 固井工程

采用大泵紊流顶替钻井液，排量不低于钻进排量，提高驱替效率，保证质量。控制实钻井眼轨迹，确保有一个良好的井眼和井身质量；套管柱上加扶正器，保证套管居中，避免套管偏斜对固井质量的影响。优选水泥浆体系，控制水泥浆失水和自由水。

2.8 水泥浆的优选

水平井施工除了要求水泥浆有足够的稠化时间、较高的水泥石强度和较好的流变性外，还必须做好如下试

验：室内试验证明，在倾斜 45° 条件下自由水为零，则在大斜度井段、水平段高边也不会有自由水析出，这样可以防止在井眼高边部位形成水窜槽。大斜度井、L 型井中失水量控制在 50mL 以内，加入降失水剂不仅达到降低失水的目的，也有助于分散固相和稳定水泥浆。如果静置水泥浆后，容器中上中下三部分密度差过大的话，会使在大斜度井段形成上稀下稠的现象，使井眼高边条带水泥石强度较低。因此优选抗沉浮分散剂的最佳浓度，不但能稀释水泥浆降低摩擦阻力，形成紊流顶替，而且能较好地防止固相沉淀，提高封固质量。从已知煤层气井下测井数据看，井底静止温度大都在 25° ~35℃ 范围，对水泥浆的低温体系提出了更高的要求，充分考虑低温水泥浆的触变性和胶凝期间的微膨胀和早期强度，保证了在水泥浆失重期井下层间的有效封隔，抑制了流体的窜通。

2.9 在施工过程中需要主要的重点环节

①在钻井过程中，加强井身质量控制，严格按照设计施工，控制井身轨迹，确保井身轨迹平稳；②此井要兼顾后期煤层气排采，在对接点以前井斜角不能 $> 90^\circ$ ，要确保对接点是最低点。对接点以后再钻进 100m，井斜角 $90^\circ \sim 91.4^\circ$ ；③水平段在煤层中钻进，煤层较软，水平段较长，要快速、安全的钻完水平段；④在钻进过程中控制好钻井液，实现近平衡钻井。加强固控设备的使用，做好钻井液净化；⑤三开进入目的煤层，钻井液体系必须是低固相或无固相钻井液，做好储层保护，防止泥浆污染煤层，为后期的排采工作做好铺垫；⑥钻进至煤系地层要做好防塌、防漏。

3 结束语

由于煤层的煤气资源已经逐渐受到社会的认可，已经逐步应用于生活、社会、企业等各个方面，在很大程度上已经取代了部分天然气资源，成为社会上依赖的资源，所以，对于煤气开采钻井越来越受到煤炭企业及社会的重视，由于煤气开采的范围、深度的不断扩大，其开采的难度也不断加大，因此，煤层气多分支水平井钻井过程中应从地质选区、井位部署及井身结构设计，井眼轨道控制，井眼曲率优化及固井工程等方面进行优化，来保障和提高成功率。

参考文献：

[1] 许江, 李奇贤, 彭守建, 闫发志, 张超林, 韩恩德. 叠置含气系统煤层气开采物理模拟试验方法研究 [J]. 煤炭科学技术, 2021, 49(01): 225-233.
 [2] 邓钧耀, 刘奕杉, 乔磊, 王开龙, 胡凯. 保德煤层气田黄河压覆区长水平段水平井钻井完井技术 [J]. 石油钻探技术, 2021, 49(02): 37-41.
 [3] 方良才, 李贵红, 李丹丹, 李浩哲, 刘嘉. 淮北芦岭煤矿煤层顶板水平井煤层气抽采效果分析 [J]. 煤田地质与勘探, 2020, 48(06): 155-160+169.