

泸州区块页岩气水平井轨迹控制关键技术分析

焦延安（中石化华北石油工程有限公司西部分公司，河南 郑州 450007）

摘要：随着国家对页岩气勘探开发力度的不断加大，四川页岩气市场情景被持续看好。确立一个既能经济安全钻成页岩气水平井，又能高精度控制井眼轨迹的水平井钻进模式，是适应四川页岩气钻井市场的施工要求及提高经济效益的有效途径之一。本文以四川泸州区块深层页岩气施工井为例，从水平井井眼轨迹控制技术影响因素分析出发，结合泸州区块地质构造和井身结构特点，进一步对水平井井眼轨迹控制关键技术进行了深入的探讨和分析，为实际应用提供了指导。

关键词：页岩气；水平井；井眼轨迹控制；影响因素；关键技术

1 泸州区块地质构造及井身结构特点

1.1 地质构造特点

四川工区泸州区块位于川渝四川盆地南部内江市境内，该区块主要为海相沉积，地质构造复杂，断层、逆断层、裂缝发育较多。主井眼的完钻层位通常为龙马溪组，埋深较深，破裂压力相对较小，层理发育，页岩分布较稳定，层厚较薄。该区块最大的地质特点是浅层气较为活跃，井温过高，目的层研磨性强，须家河组跳钻、憋钻现象突出；上部地层及页岩储层漏、喷、垮等井下复杂情况多发，钻井过程中地质设计与实钻地层差距较大，轨迹调整频繁^[1-3]。

1.2 井深结构特点

导眼轨道为17°斜导眼，导眼在龙马溪中下部取芯，主井眼轨道类型：直-增-扭-增-平，A靶为靶半高2.5m，靶半宽10m的矩形靶。其井深结构特点如下：

表1 井身结构数据表

井筒名	开钻次序	钻头尺寸 mm	套管尺寸 mm	套管下入 地层层位
导眼井	一开	660.4	508.0	沙溪庙组
	二开	406.4	339.7	须六段顶
	三开	311.2	244.5	韩家店组顶
	四开	215.9	裸眼注水泥完井（导眼段）	
水平井	四开	215.9	139.7	龙马溪组

2 轨迹控制模式分类

水平井轨迹控制的模式有很多种，在泸州区块页岩气项目实践中，主要通过轨迹控制过程中使用的工具来区分。目前主要分为常规钻具、螺杆动力钻具、近钻头、旋转导向四种。

①常规钻具通常用作通井和打表层；

②螺杆动力钻具通常用于直井段、导眼段、侧钻段以及部分水平段的施工。在直井段，采用大尺寸的钻铤和大功率螺杆，通过优化钻井参数，可以做到防斜打直，提高钻井效率，能重点解决须家河组跳钻、加压扭矩过大等问题；在导眼造斜段，通过合理选择动力钻具弯度大小和扶正器尺寸，提高造斜率；在侧钻段，通过增加螺杆弯度，提高侧钻效率；在水平段前期施工中，使用无扶螺杆，配合水力震荡器，可以完成部分水平段的施工；

③近钻头和旋转导向主要用于主井眼造斜及水平段施工。由于泸州区块主井眼的完钻层位通常为龙马溪组，埋深较深，层厚较薄，目的层区分不明显，无明显标志层。钻井过程中地质设计与实钻地层差距较大，轨迹调整频繁。地质导向需要及时掌握井下数据，才能准确判断地层走向，保证顺利入窗，这时，使用近钻头和旋转导向工具进行轨迹控制的钻井模式优势明显；进入水平段后，可根据井下情况，综合考虑，混合使用四种钻进模式。

3 影响轨迹控制的因素分析

3.1 井眼尺寸大小对轨迹控制的影响

为降低页岩气开发成本，工厂化三维大偏心距水平井已经成为四川页岩气井轨迹设计的必然趋势。同一个井场布置4-8口井，纵向井间距离5m，这样密集的井场布置特点，使得主动绕障和被动防碰成为浅层大尺寸井眼轨迹控制的主要原因。

浅层大尺寸井眼对轨迹控制的影响在于：与常见的小尺寸井眼相比，在大尺寸井眼中钻进时，钻具受力状态发生了改变，增斜钻具杠杆原理失效或者说作用不明显，影响钻具造斜能力^[4]。

3.2 井身剖面特点对轨迹控制的影响

根据中、长半径水平井常用的井身剖面特点,剖面可分为单圆弧增斜剖面、具有稳斜调整段的剖面和分段造斜剖面几种类型。现场对井眼轨迹控制的前提在于根据工程设计的剖面,选择合适的待钻井眼轨迹预测模式和现场设计方法。

目前泸州区块在大斜度导眼中使用的是具有稳斜调整段的剖面,在主井眼中使用的是无段制增斜剖面,不同的剖面类型在轨迹控制上有不同的特点,待钻井眼轨迹的预测和现场设计方法也有所不同。一般说来,复杂的井眼形状,势必增加施工难度,因此井眼形状的选择,力求越简单越好。从钻具受力的角度来看:目前普遍认为,降斜井段会增加井眼的摩阻,引起更多的复杂情况。

3.3 实时的轨迹调整对轨迹控制的影响

在实际生产中,往往在按照设计轨迹准备入窗时,由于地质设计目的层发生变化,临时调整 A 靶点垂深,给定向工作造成很大的被动,这需要根据实钻情况在现场随时预测待钻井眼的钻进趋势,及时调整和修改设计方案。因此,在增斜井段施工中应该让第一造斜率高于第二造斜率,为解决靶点临时调整做好准备,留出一一定的余量,利用稳斜调整井段来提高中靶精度,对目的层是薄产层的水平井尤为重要。

由于在井斜角较大时,增斜率的偏差主要影响水平位移,而对垂深的影响很小,通过压低第二造斜率,可以在大井斜角度下提高垂深的精度。在入靶前的大井斜角井段增加一稳斜调整段,既可调整垂深精度,又有助于及时辨别地质标准层,以便及时准确地确定目的层入靶点的相对位置。

4 不同井段实钻轨迹控制

4.1 直井段实钻轨迹控制

①针对须家河组以上易斜、跳钻严重的地层特点,同时为了满足快速钻进的施工需求,采用大尺寸钻具配合提速工具进行钻进,常用钻具组合: $\phi 406.4\text{mm}$ PDC+ $\phi 286\text{mm}$ 多维旋冲工具+双公接头+ $\phi 286\text{mm}$ 直螺杆+ $\phi 279.4\text{mm}$ 钻铤+变丝接头+ $\phi 241.3\text{mm}$ 坐铤接头+ $\phi 241.3\text{mm}$ 无磁钻铤+ $\times \phi 400\text{mm}$ 扶正器+ $\phi 241.3\text{mm}$ 钻铤+ $\phi 228.6\text{mm}$ 无磁钻铤+变丝接头+ $\phi 203.2\text{mm}$ 钻铤 $\times 1$ 柱+变丝接头+ $\phi 139.7\text{mm}$ 加重钻杆+ $\phi 139.7\text{mm}$ 钻杆+顶驱; ②在直井段钻进过程中根据实际情况及时进行井斜角的中途监测,如果发现井斜,可以采用减压吊打纠斜。

4.2 增斜井段实钻轨迹控制

①针对大于 311.2mm 尺寸的小斜度导眼、绕障等井眼施工,可使用 PDC 钻头+ 1.25° 单弯螺杆动力钻具+座铤接头+无磁钻铤+钻杆; ②针对 215.9mm 井眼的稳斜段或侧钻,可以使用 PDC 钻头+ 1.5° 单弯螺杆动力

钻具+座铤接头+无磁钻铤+钻杆; ③针对四开主井眼增斜段,首先推荐使用旋转导向或近钻头。以泸 205 井和阳 101H3-8 井为例,旋转导向的机械钻速效率几乎可以达到普通螺杆钻具的 3-4 倍。

4.3 稳斜段实钻轨迹控制

①通过定向钻进行稳斜段轨迹控制; ②通过复合钻进行稳斜段轨迹控制。在易降斜地层,使用大钻压,高转速,同时加大螺杆尾扶尺寸,减少钻铤数量,削弱钻具自重对稳斜带来的不利影响。在易增斜地层,适当减小钻压、降低转速,使用欠尺寸尾扶,适当增加钻铤数量,以增加下部钻具重量,减小增斜力。

4.4 降斜井段实钻轨迹控制

使用大钻铤,控制小钻压,不要压弯钻柱,借助自然吊直和定向钻进实现降斜井段控制。

5 结论

①在页岩气井直井段,采用大功率大尺寸螺杆钻具,能起到很好的防斜打直作用,配合使用多维旋冲提速工具,能很好的提速提效; ②在浅层大尺寸井眼轨迹控制时,应优先考虑剖面优化,其次再适当增加螺杆弯度配合使用大尺寸扶正器,提高增斜率; ③导向系统工具在深井,尤其是页岩气井轨迹控制中,优势表现明显,可以大大提高机钻速率,且施工后的井眼轨迹平滑,有利于后期钻完井左右; 工具昂贵,使用风险大,不易炒作是选择导向系统工具钻进的最大难点; ④从提高水平井钻井速度和效益的角度来讲,针对水平井的井眼轨道设计,合理选择动力钻具的角度及与之配合的钻头、测量工具以及合理的钻进参数和技术措施,使每套钻具组合达到设计的目的,是水平井井眼轨迹控制工艺技术所攻关和研究的方向之一; ⑤实践证明,使用旋转导向在钻进过程中的摩阻、扭矩远比螺杆钻具的小,更有利于安全钻井和钻成更长的水平井段。而且通过提高造斜率、缩短靶前位移、缩短斜井段长度,有利于进一步缩短水平井的钻井周期,降低钻井成本,提高经济效益。应根据地层情况以及实际需要,选择合适的水平井钻进方式。

参考文献:

- [1] 陈维,熊亮,史洪亮,等.川南页岩气水平井井眼轨迹控制技术[J].天然气技术与经济,2017,11(001):37-39.
- [2] 王旭东,钟成旭,吴鹏程,等.川南深层页岩气水平井轨道设计优化探讨[C]//2018年全国天然气学术年会.
- [3] 王世栋.深层页岩气水平井井眼轨迹控制技术与应用[D].北京:中国石油大学.
- [4] 李特社.川南页岩气水平井的测井地质导向技术研究[D].成都:西南石油大学,2016.

作者简介:

焦延安,汉族,河南新乡人,大学本科,工程师,主要从事石油工程钻井方向。