

定向井钻井轨迹影响因素与控制

王 松 (中海油田服务股份有限公司油田技术事业部, 上海 200335)

摘要: 新发展时期, 定向井钻井技术作为我国油气田开发常规手段, 不断得到优化和提升, 进一步提高油气开采效率和开采数量, 为我国油气产业发展提供源源不断的内生动力。轨迹控制是定向钻井技术的关键, 轨迹控制好坏与定向井是否能顺利中靶、能否实现油气开采地质目标密切相关。现如今, 轨迹控制逐渐构建出一套较为成熟的应用体系, 但是实际应用过程中, 往往会出现设计精度不高、施工技术不佳等问题影响轨迹控制, 与设计轨迹存在较大差距。基于此, 文章对影响定向井钻井轨迹的各种因素进行阐述, 深入探究定向井钻井轨迹影响因素控制技术要点, 并提出具体的控制措施, 才能更好地提升钻井技术水平。

关键词: 定向井; 钻井轨迹; 影响因素; 控制措施

定向井钻井在油田中的应用最早可追溯至 19 世纪后期, 已经取得了良好成效, 现如今, 随着油气资源勘探与开发力度逐渐深入, 地质情况越发复杂, 需要通过侧钻进行油气藏开发的项目也越来越多, 对定向钻井技术提出了更高的要求, 以保障开采效率和开采数量, 降低钻井成本。但是, 在实际钻井施工中, 钻井轨迹的控制难度较大, 若井眼轨迹无法确定, 实际施工就难以展开, 况且不同钻井井段采用的钻井轨迹控制技术也不同, 为避免实际钻井轨迹与设计轨迹出现偏差, 增加施工困难及工程失败风险, 企业需要继续加大研究力度, 不断优化和提升钻井轨迹控制技术水平, 尤其是直井段、增斜段、稳斜段等各环节轨迹控制, 严格施工控制, 才能保障油气田可持续发展。

1 定向井钻井轨迹影响因素

1.1 设计影响因素

定向井钻井轨迹设计必须符合施工区域地质情况, 满足施工实际, 达到工程开展目标。因此, 在施工之前必须要做好地质情况考察, 查看施工过程中需要应对哪些问题, 如在穿过多个油气层时, 要精准躲避坍塌风险大的地层; 工程属于事故救援井^[1]; 便于后期管理、节省占地面积的定向井等, 必须在全面仔细了解地质条件的基础上, 才能做出较为精准的轨迹设计。同时, 在设计井眼轨迹的过程中, 还要考量施工难度、技术难度、安全指数、扭矩和摩阻等因素, 尽可能选择最为高效、稳定的轨迹控制方案; 还要严格把控地层造斜点, 选定地层稳定、便于造斜的层位, 将井斜角控制在 15° - 45° 之间, 避免因超出最佳井斜角范围导致的施工难度和施工风险增加等问题^[2]。以沉积岩为例, 其垂直层面可钻性较高, 水平层面可钻性较低, 在地层倾斜的情况下, 倘若倾角超过 60° , 钻头前进方向会沿着平行层面方向下滑, 会逐渐偏离铅垂线, 当倾角处于 45° - 60° 之间, 井斜方向不稳定。

1.2 施工影响因素

施工影响因素主要涉及以下两方面内容, 一方面,

表层钻井施工, 常常会出现钻井速度控制不精确、井斜以及因回水阀门控制不合理导致的排量、泵压不符合标准的情况, 情况严重时, 还会引发井漏事故, 对施工效率和施工成本造成严重负面影响, 给施工人员带来人身威胁, 给企业造成巨大经济损失; 另一方面, 直井段、造斜段、稳斜段施工问题, 在直井段施工时, 施工人员需要及时调整井距方位, 避免在钻井过程中出现井碰问题, 还需要严格控制直井段井斜操作, 避免因造斜施工水平不佳, 导致钻井轨迹出现偏差, 进而增加施工风险; 在造斜段施工时, 施工人员不仅要依据不同施工地质条件选择对应稳斜、增斜方式, 选择对应增降方位, 还要选择适宜机械钻具, 确保其摩阻、扭矩等参数符合实际施工条件, 提高造斜效率, 确保轨迹精确^[3]; 在稳斜段施工时, 需要施工人员依据现场情况科学预估和调整稳斜段钻井轨迹, 保障机械器具、施工作业等相关因素, 避免对钻井轨迹造成影响。

2 定向井钻井轨迹影响因素控制技术要点

2.1 直井段轨迹控制

做好直井段施工是保障钻井轨迹的前提条件, 直井段施工的关键内容是防斜打直工作, 尽可能避免井斜角的产生, 才能为后续施工提供坚实的基础。井斜角的主要生成因素为工程因素和地质因素, 其中地质因素属于客观条件, 人为无法控制, 只能从工程因素着手, 从施工作业、井眼扩展等方面进行控制, 积极开展防斜作业, 选择适宜施工器械能有效影响井斜角, 因此, 在实际施工中, 施工人员需要结合实际需要选择适宜钻井工具组合^[4]。

①满眼钻具组合属于以满保直, 采用在钻铤上安装扶正器, 如中扶正器、近钻头扶正器、上扶正器等, 利用扶正器组合的方法缩减井内壁与扶正器具之间的间隙, 预防井斜问题产生, 但不建议应用在钻井进尺较快的井段; ②钟摆钻具组合, 一般在钻柱下部安装一个扶正器, 使扶正器支撑在井壁上, 保持下部钻柱悬空, 形成一个钟摆力, 钟摆力会使钻头切削井壁下侧, 从而预

防和纠正倾斜, 缩减井眼倾斜角。值得注意的是, 钟摆钻具组合对钻压极为敏感, 钻压越大、倾斜力越大、钟摆力越小, 钻压过大时, 将会压弯扶正器下钻柱, 形成新的接触点, 反而增加了倾斜力, 因此, 在开展防斜打直工作时, 必须严格控制钻压, 降低钻速, 有效控制直井段倾斜角。

2.2 稳斜段轨迹控制

在稳斜段轨迹控制施工中, 施工人员需要全程管控施工内容和施工工艺, 以便及时发现井斜角、位置角与设计方案之间的差距, 及时采用技术手段进行调整和控制, 避免因控制精度过高对施工效率和施工进度造成影响^[5]。这一阶段施工的重点是下入稳斜钻具的应用, 在稳斜段一般可应用定向施工钻具组合和稳斜钻具组合, 定向施工钻具组合包括随钻测量仪器、钻具组合, 采用一趟钻、一套钻具的组合方式进行控制, 钻具组合有 $\Phi 198\text{mm}$ 螺扶、 $\Phi 215.9\text{mm}$ 钻头、 $\Phi 162\text{mm}$ 无磁钻铤、 $\Phi 165\text{mm}$ 钻铤、 $\Phi 172\text{mm}$ 单弯螺杆、 $\Phi 127\text{mm}$ 钻杆等, 为确保井斜和位置的稳定性, 减少调整次数, 可以利用随钻测量仪或测斜仪器对钻进过程中各阶段进尺进行测斜, 将测量数据输入至计算软件中, 严格把控井斜角和位置角, 确保钻头一直在设计轨迹上, 将偏差控制在合理范围内, 实现井眼准确中靶; 稳斜钻具组合, 一般应用于定向造斜施工完成后。

2.3 造斜段、增斜段轨迹控制

稳斜段施工是定向井钻井控制的关键, 在钻井过程中, 既要保证井斜方位的稳定性, 严格控制井斜角、造斜阶段井眼曲率, 还要尽可能提高机械钻井速度, 遵循“勤调少滑”的原则, 在不影响机械转速的情况下, 采用调整钻井参数的方式合理控制井斜角和方位, 保障施工安全和施工质量。因此, 在增斜段施工阶段, 首先需要全面掌握直井段井斜、方位, 钻具组合在标准钻井参数下实际造斜率等, 才能以此为依据重新计算各段定向造斜率, 实现井眼轨迹的精确控制^[6]; 其次, 在造斜初期, 连续定向几个单根, 以造斜工具、造斜钻具组合、实际测点间井和方位的变化率计算该区域实际造斜率, 与设计造斜率进行对比分析; 然后, 依据分析对比结果调整复合钻进和滑动钻进比例, 倘若实际造斜率 $<$ 设计造斜率, 及时调整钻井施工参数或更换更大度数的螺杆钻具, 确保实际造斜率满足设计造斜率标准。

3 定向井钻井轨迹影响因素控制措施

3.1 遵循设计原则, 优化钻井轨迹

为实现高水平定向井钻井轨迹控制, 设计人员需要遵循以下三条设计原则, 一是以实现地质目标为首要的施工原则, 加强油气田前提地质勘察, 以实际地质条件为基础, 合理应用针对性目标函数, 不断强化钻井轨迹设计, 科学编制施工方案, 有效指导施工团队, 体现施工设计价值^[7]; 二是能够实现安全、优质、高效钻井的

目的, 在设计阶段, 需要综合考量施工条件、公司经济目标和安全施工要求, 积极应用先进技术设备、软件和手段, 不断优化定向井钻井轨迹设计中的问题, 加大对复杂地质条件的研究实践, 不断提高设计方案的有效性, 提高施工安全性, 实现高效、优质、安全钻井; 三是要满足后期采油的需求, 钻井轨迹控制的最终目的是采油, 因此, 在设计阶段, 设计人员在选取造斜率和井眼轨迹剖面类型的时候, 要尽量避免油层套管和抽油杆之间的磨损, 确保抽油泵顺利下入, 需要设计人员具备一定其他专业领域知识, 不断提高设计有效性。

3.2 严格控制施工, 改善钻井方式

施工阶段对定向井钻井轨迹影响较大, 为减少施工阶段对钻井轨迹的影响, 避免因钻井轨迹控制不理想导致的油气开采效率不佳的情况, 企业需要进一步强化钻井轨迹控制, 积极引进先进钻井设备、钻井技术、钻井专业人才, 加大日常专业化培训, 不断提升施工人员钻井水平, 持续优化和完善钻井方案, 并将这些先进设备和技术合理应用在实际工程中。同时, 在保障设备、技术和人员资源的前提下, 重视直井段、稳斜段、造斜段及增斜段施工质量控制, 积极应用复合钻井技术, 才能在保障钻井速度的基础上, 持续优化钻井轨迹, 保障企业经济效益, 最终实现油气开发企业长期、可持续发展。

4 结束语

综上所述, 定向井钻井轨迹控制是一项综合性、系统性工作, 其轨迹控制效果将直接影响油气开发效率和质量, 需要综合考量不同地质条件、施工条件、器械设备等, 油气开发企业需要重点关注定向井钻井轨迹影响因素, 并以此为依据, 强化直井段、稳斜段、造斜段和增斜段轨迹控制技术, 通过遵循设计原则, 优化钻井轨迹; 严格控制施工, 改善钻井方式, 不断提升轨迹控制水平, 从而实现定向井准确中靶。

参考文献:

- [1] 马海中. 石油定向井钻井轨迹控制技术探究 [J]. 石化技术, 2018, v.25(07):157-157.
- [2] 温炜. 定向井轨迹控制关键技术研究 [J]. 化工设计通讯, 2018, v.44;No.189(03):221-221.
- [3] 罗栩栩. 定向井钻井轨迹影响因素分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019, v.39;No.496(14):123-124.
- [4] 于大维. 定向井轨迹控制关键技术研究 [J]. 化工设计通讯, 2019, v.45;No.208(10):259-260.
- [5] 殷会鹏, 袁君, 乔浩. 石油定向井钻井轨迹控制技术探究 [J]. 中国化工贸易, 2020, 012(002):83-84.
- [6] 侯华升. 大斜度定向井钻井施工技术 [J]. 石油和化工设备, 2020, v.23;No.208(10):125-126.
- [7] 王静, 张勇强, 杨鹏, 等. 定向井钻井速度的影响因素及提升探讨 [J]. 石化技术, 2020, v.27(02):120+127.