

Power-V 垂直钻井工具在顺北区块的先导应用

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：顺北区块志留系柯坪塔格组、奥陶系桑塔木或却尔却克组钻井过程中，地层倾角大，岩性多变，砂岩，砂砾岩，泥岩互层，井斜及位移易超标，采用被动防斜技术“钟摆钻具吊打”受其内在力学性质影响，无法实现防斜与打快的目的，成为长期以来制约顺北工区油气资源勘探开发进程的一大技术瓶颈。而 Power-V 垂直钻井工具配合 MWD 仪器在钻进过程中会自动追踪井斜变化，使井眼轨迹快速返回垂直状态，可以有效地解决防斜和强化钻井参数打快之间的矛盾。针对顺北工区的地层变化规律及 Power-V 垂直钻井的特点，通过优化垂直钻井技术应用井段，在顺北区块 SHBX1 井、SHBX2 井、SHBX3 井等进行了三口井先导应用，证实了其在有效控制井身质量的同时，可大幅度地提高钻井速度。

关键词：顺北区块；防斜打快；垂直钻井技术；井身质量；钻井速度

钻井过程中影响井斜的因素很多，且直井井斜过大造成位移超标给钻井、完井作业等带来一系列的危害，并造成巨大损失。国内近年来先后引进和研制了 VDS、SDD、VertiTrak、Power-V 等具有主动防斜能力的自动化井斜闭环控制系统，成功解决了高陡构造、断层、盐层等情况下钻进时的井眼质量问题^[1-5]。本文分析了顺北区块地层井斜原因，重点介绍了 Power-V 工具的工作原理、特点和降斜原理，并通过 3 口井先导应用分析，表明了 Power-V 系统垂直钻井技术可在超深井段易斜地层完全解放钻压，变被动防斜为主动防斜，对未来顺北工区易斜地层防斜快打，缩短钻井周期，降低钻井成本具有一定的借鉴意义。

1 区块井斜原因分析

①顺北区块超深井井斜规律总体表现为 5500m 以浅地层不易井斜、5500m 以深地层易井斜，地层越深，越易井斜，最主要表现就是古生界志留系和奥陶系的桑坦木 / 却尔却克组；②目前顺北主要勘探开发的区域内，1 号断裂带以平移-拉分为主，构造背景相对简单，地层比较平缓，5 号断裂带北段以挤压为主，中段张扭为主，井斜控制难度稍小。5 号断裂带南部挤压扭曲为主，形成地层凸起或者地堑，造成古生界地层倾角大，一般在 5-20°，顺北 4 号断裂带）、桑坦木 / 却尔却克组地层倾角可达到 20-30°，井斜问题对提速的制约比较严重；③顺北区块井斜首要原因是地质因素，例如志留系主要是因地层软硬交错易斜，桑坦木 / 却尔却克组受地层倾角影响更大，此外断层和裂缝发育也是井斜的重要地质因素，各主断裂带布的井位的井眼偏斜方向大部分沿断裂带走向的垂直方向。其次是钻具因素，钻具倾斜和弯曲会造成井斜，钻具组合及钻压不合适会造成井斜，也影响了机钻的提高。

2 Power 垂钻系统结构组成和降斜原理

2.1 组成部分及结构图

Power-V 旋转导向系统主要有两个组成部分，它们分别是上端的电子控制部分和下端的机械部分，在两者中间还有一个辅助部分 Extension Sub（加长短接），其

结构如图 1 所示。

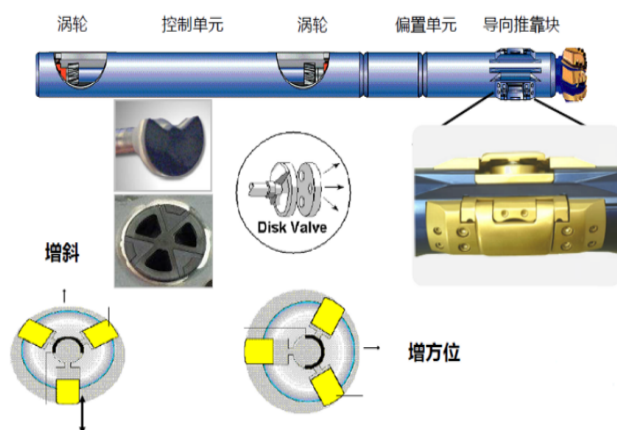


图 1 Power-V 垂直钻井系统结构图

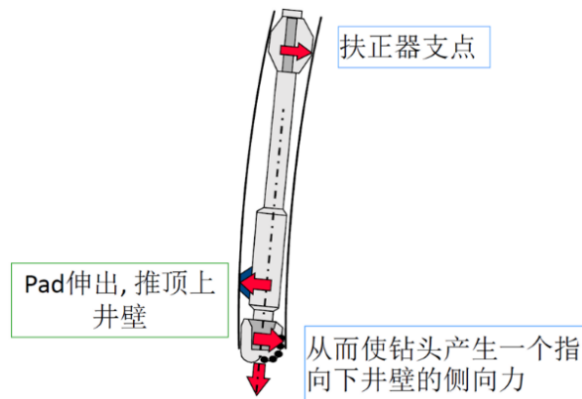


图 2 降斜原理示意图

2.2 Power-V 使用的优势特点

① Power-V 工具对地层，钻头和钻进参数具有较强的适应性；② Power-V 工具全程与地面等速旋转，无需定向滑动，有效提高钻井效率；自动化的主动防斜和纠斜，简便高效^[6]；③可以划眼和倒划眼，不影响正常的钻井作业；④使用 Power-V 加快了勘探开发的进度，减少了钻井周期。工具自身防斜的同时，可以有效释放钻压加快机械钻速。节省了因下动力钻具降斜滑动钻进获得高得多的机械钻速；⑤使用 Power-V 优化了井身质量，降低了钻井事故发生的机率。

2.3 降斜原理

① Power-V 钻井过程中通过机械部分的推靠块推靠井壁达到防斜打直的目的；②根据施工时泥浆比重、实际排量，结合满足工具正常工作所需压降，Power-V 钻头压降 $> 500\text{Psi}$ (3.5MPa)，计算钻头水眼过流面积，配置钻头喷嘴尺寸；③彻底释放钻井参数，以此提高机械钻速。

3 现场应用分析

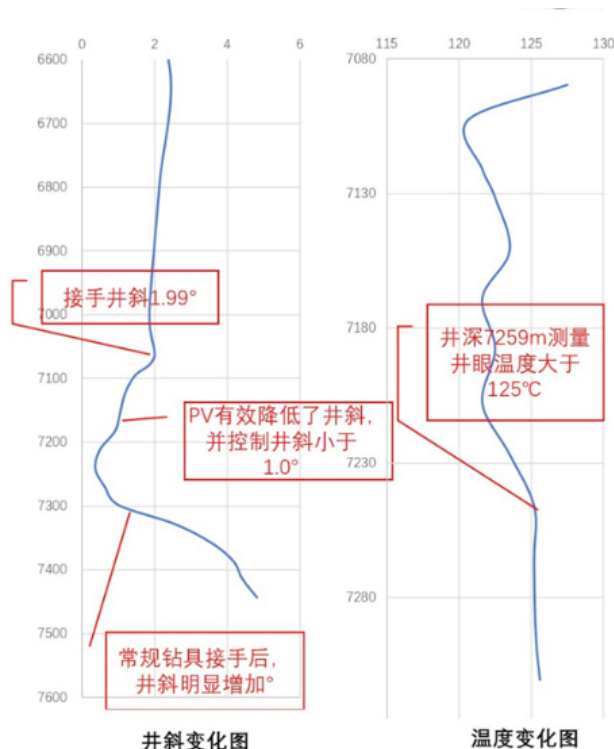


图3 SHBX1井应用效果分析图

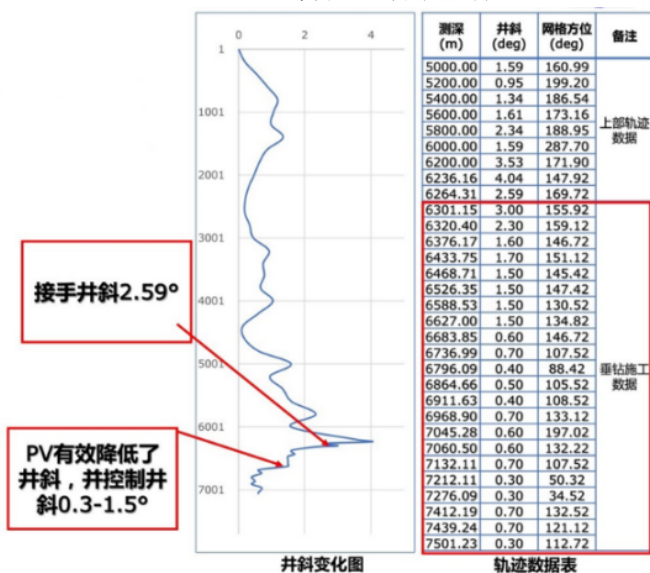


图4 SHBX2井应用效果分析图

Power-V 垂钻工具先后在 SHBX1、SHBX2、SHBX3 井先导应用，SHBX1 井 241.3mm 井眼中使用 PowerV675 型号工具，使用井段 7092m-7323m，井斜由 $1.99^\circ \searrow 1^\circ$ 以内；SHBX2 井 241.3mm 井眼中使用 PowerV675 型号工具，井段 6282-7531m，井斜由 $2.59^\circ \searrow 0.3^\circ$ ；SHBX3

井 241.3mm 井眼中使用 PowerV675 型号工具，使用井段 6293.3m-6396.28m，井斜由 $2.84^\circ \searrow 0.3^\circ$ ；在防斜纠斜方面有着良好的实钻效果。

其中顺北 SHBX2 井钻进期间长时间保持高钻压钻井参数，释放了钻压，达到了提高机械钻速的目的，对比邻井提速明显。对比上趟钻却尔却克组 3.90m/h，提速 51.79%；对比邻井 SHBX2-1 井却尔却克组机械钻速 1.38m/h，提速 328.99%；对比邻井 SHBX3-6 井桑塔木组机械钻速 2.81m/h，提速 110.68%；具体见表 1 所示。

表1 SHBX2井应用机械钻速提速对比表

井号	层位	施工井深 m	平均机械 钻速 m/h	提速百 分比 %	备注
SHBX2	却尔却克组	6282-7531	5.92	51.79	上趟钻却尔却克组钻速 3.90m/h
SHBX2-1	却尔却克组	6213-7100	1.38	328.99	平距 17.26km
SHBX3-6	桑塔木组	6728-7712	2.81	110.68	平距 44.93km

4 结论与建议

①与滑动纠斜钻进相比，Power-V 工具可以保持较高参数钻进，纠斜能力强，控制井斜在 1° 以内，保持良好井身质量，有利于后期井筒作业；②应用 Power-V 垂钻钻井技术可减少钻具与井壁的接触面积，钻柱全程与地面等速旋转，钻压和扭矩传递更加有效，减小了井下摩阻，降低了卡钻风险；③ Power-V 工具在超深井段耐温耐压性能良好，工作寿命较长，也可保持高排量钻进，利于循环携砂，保持井筒清洁，更加稳定了井身质量、有效保证了井下安全；④工具需进行推靠系统的推靠力优化、工具液压参数的优化、工具易损件（巴掌及液压互换件）改进，进一步提高使用寿命。

参考文献：

- [1] 滕学清, 刘洪涛, 李宁, 等. 塔里木博孜区块超深井自动垂直钻井难点与技术对策 [J]. 石油钻探技术, 2021, 49(1): 11-15.
- [2] 王闻涛, 王小通, 杨晓勇, 等. 全旋转推靠式自动垂直钻井工具现场试验分析 [J]. 石油机械, 2015, 43(9): 24-27.
- [3] 汝大军, 张建庚, 周胜鹏, 等. BH-VDT5000 垂直钻井系统在克深 203 井的应用 [J]. 石油钻采工艺, 2012, 34(4): 1-3.
- [4] 刘建华, 佘洁茹, 耿艳峰, 等. 动态指向式旋转导向钻井工具测控系统设计与性能分析 [J]. 石油钻探技术, 2013, 41(5): 56-61.
- [5] 刘伟, 李晓亮等. 垂直钻井技术在川东北的应用 [J]. 石油矿场机械, 2008, 37(4): 75-77.
- [6] 张俊良, 肖科, 吕俊川, 等. 旋转导向系统 POWER-V 钻井技术应用简介 [J]. 西部探矿工程, 2008(4): 79-81.

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。