

液力冲击提速工具在东海油气田的应用

王 涛¹, 和鹏飞², 王喜杰², 严维锋¹, 袁则名²

(1. 中海石油(中国)有限公司上海分公司, 上海 200335; 2. 中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司, 天津 300452)

摘要: 东海油气田是我国海上当前勘探开发的主要区域之一, 该油田主要储层埋藏较深, 钻井过程揭开多套地层, 深部地层岩石抗压强度达到了 100 MPa 以上, 可钻性差、地层温度较高。钻井过程中面临井壁失稳、机械钻速低、轨迹难以控制等诸多问题。针对上述问题, 通过对国内外相关提速技术的调研, 优选液力冲击工具开展东海深部地层的钻井提速研究与实践。该工具结构简单、可靠性较高, 通过加放位置分析、操作参数优选, 使现有钻井设备与工艺参数基本不改变, 而创新性地提出了旋转导向与液力冲击工具配合, 最终在 X4H 井的应用中机械钻速提高 30%~200%, 效果显著。

关键词: 液力冲击工具; 机械钻速; 轨迹控制; 旋转导向; 东海油气田

中图分类号: TE21 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2018)02-0030-03

Application of Effective Hydraulic Impact Drilling Tool for Deep Drilling in East China Sea Oil and Gas Field/WANG-Tao¹, HE Peng-fei², WANG Xi-jie², YAN Wei-feng¹, YUAN Ze-ming² (1.CNOOC China Limited, Shanghai Branch, Shanghai 200335, China; 2.CNOOC EnerTech-Drilling & Production Co., China, Tianjin 300452, China)

Abstract: The East China Sea oil and gas field is currently one of the main offshore exploration and development areas in China, where the main reservoirs are deeply buried, the compressive strength of deep strata is above 100MPa with the conditions of poor drillability and high formation temperature. There are problems of wellbore instability, low ROP, difficult trajectory control and some others in drilling process. In view of the above, through the investigation of the related efficiency raising technologies both in China and abroad, the research and practice of effective drilling in the deep formation of East China Sea are carried out and hydraulic impact tool is selected, which has the advantages of simple structure and high reliability. By the analysis on the installing location and the optimization of operation parameter, the existing drilling equipment and technological parameters are kept original, while the innovative coordination of rotary steering and hydraulic impact tool is put forward, in the application of well-X4H, the ROP is significantly improved by 30%~200%.

Key words: hydraulic compact tool; ROP; trajectory control; rotary steering; East China Sea oil and gas field

当前国际油价持续低迷, 提速增效已成为降低钻井成本的有效手段^[1-3]。在东海某开发井上成功应用的液力冲击工具, 有效缓解了深部地层钻头在井底的卡滑以及钻具的振动状况, 在保证了定向井工具造斜率的同时, 提高了机械钻速, 有效控制了井眼轨迹^[4-6]。

1 技术现状分析与难点分析

东海某区块, 自上而下依次揭开东海群、三潭组、柳浪组、玉泉组、龙井组、花港组和平湖组。钻遇岩性主要以砂泥岩为主, 砂泥互层较多, 深部地层的岩性致密, 抗研磨性强, 地层抗压强度高, 部分区域抗压强度 > 20300 psi (140 MPa), 内摩擦角 > 50°, 如

图 1 所示, 同时多套地层含灰, 可钻性极差。本区块井底最高温度近 190 °C, 且深部地层坍塌压力较高。

东海开发井主要使用两种钻具组合: (1) PDC 钻头 + 马达 + LWD/MWD; (2) PDC 钻头 + 旋转导向 + LWD/MWD。

马达可以提供较高的转速辅助破岩, 往往能够保持较高的机械钻速, 但是由于深部地层温度高, 常规的马达内部橡胶件无法经受高温考验, 往往造成马达橡胶损坏导致井下复杂情况发生, 并且深部地层马达滑动困难, 不利于有效控制井眼轨迹。因此开发井在 3000 m 以深常用的钻具组合为旋转导向钻具组合, 正常情况下该钻具组合可有效协助定向井工程师控制井眼轨迹, 但是无法满足深部地层

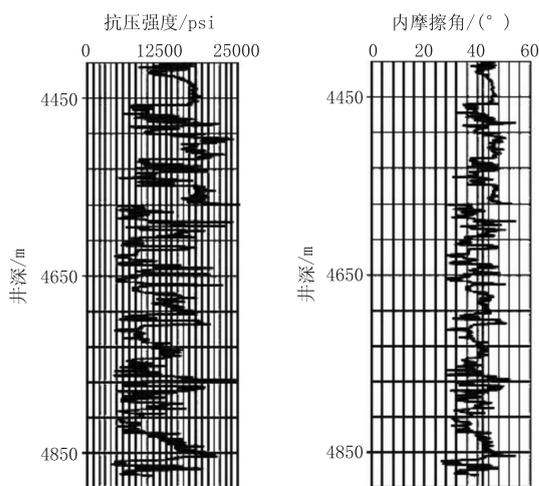


图 1 地层抗压强度及内摩擦角

提速的要求,同时钻遇可钻性极差地层,由于进尺缓慢且井下工具震动严重,导致定向井工具工具面不稳,全角变化率无法满足设计要求,轨迹控制存在较大困难,如表 1 所示。

表 1 X2 井深部设计轨迹与实际轨迹对比

测点深度/m		井斜角/(°)		方位角/(°)		全角变化率/ [(°)·(30 m) ⁻¹]	
设计	实际	设计	实际	设计	实际	设计	实际
4110	4070.33	22.58	21.74	79.34	74.38	2	1.43
4140	4129.38	24.26	23.18	76.63	73.33	2	0.76
4170	4187.15	25.99	26.67	74.25	74.09	2	1.82
4200	4214.49	27.75	27.74	72.15	73.36	2	1.23
4230	4244.79	29.54	29.40	70.29	72.23	2	1.73
4260	4273.07	31.35	30.02	68.62	71.79	2	0.70

在近 3 年的东海油气田开发过程中,地层深度 3500 m 以深,平均机械钻速仅为 5.61 m/h。深部的低机械钻速严重制约了深井、超深井的勘探开发进程。

2 技术对策研究

井下动力钻具包括螺杆马达、涡轮钻具以及其他的辅助破岩工具。辅助破岩工具主要有扭力冲击器、水力振荡器、横扭矩提速工具、水力脉冲工具、旋转马达(重力锤)等。国内海上钻井中较为常用的有螺杆马达、水力振荡器、扭力冲击器等,2005 年左右也在不同油田尝试了水力脉冲工具,但整体效果不理想。

液力冲击工具属涡轮动力复合重力锤破岩工具。如图 2 所示,工具由外壳和内部机构组成。工具外壳的上端与上部钻柱联接,下端与钻头联接,外

壳的主要作用是固定和接装工具的内部机构以及传递钻压和扭矩。工具的内部机构由三部分装置组成,上部是涡轮装置,主要作用是将钻井液的液压能转变为转动的机械能;中间部分为传动装置,作用是将涡轮产生的转动机械能变速后传递给下部的敲击装置;下部为敲击装置,敲击装置中的重铁在传动轴的带动下作旋转运动,重铁下部的斜面与击座高频撞击,产生一定轴向和轴向的冲击力,冲击力通过击座传递给外壳,再通过外壳传递给钻头,增加钻头的破岩能力,减少钻柱的扭转震荡,达到帮助钻头破岩提高机械钻速的目的。相比普通 PDC 钻头钻进,滑脱、卡钻现象会成倍地减少,而且能极大地提高平均机械钻速和钻头使用寿命。

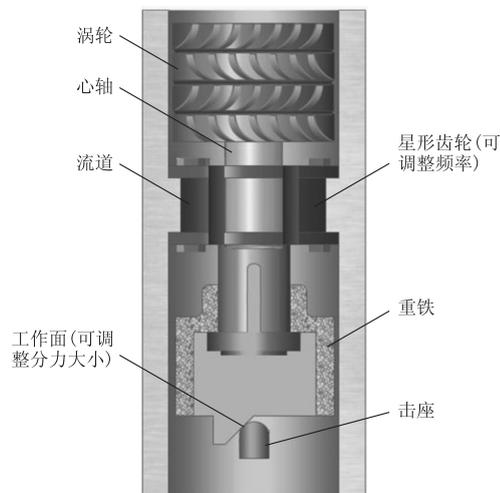


图 2 液力冲击工具示意图

3 现场应用与效果分析

3.1 现场应用

在开发井 X4H 的钻井作业过程中,二开 12 1/4 in(1 in=25.4 mm,下同)井眼钻进至 2788.74 m,因为螺杆马达钻具组合滑动困难,起钻更换旋转导向钻具组合,钻进至 4239.79 m 二开中完。

为解决旋转导向深部地层提速问题,在 X4H 井的 4064~4239.79 m 创新使用一种新的钻具组合:PDC 钻头+液力冲击工具+旋转导向钻具,在钻头与旋转导向工具之间加装一支液力冲击工具。具体钻具组合为:12 1/4 in PDC 钻头+8 in 液力冲击工具+9 in 旋转导向+8 1/4 in LWD+8 1/4 in MWD 工具+8 in 无磁钻铤+8 in 过滤短节+8 in 随钻震击器+变扣接头+5 1/2 in 加重钻杆×14 根+5 1/2 in 钻杆若干。自 2788.74 m 至 12 1/4 in 井眼中完,钻

井参数基本一致: 钻压 30~150 kN, 转速 80~150 r/min, 排量 4100~4300 L/min。

3.2 效果分析

3.2.1 扭矩对比

使用液力冲击工具与没有使用的井段扭矩曲线对比如图 3 所示。可以看出, 在使用该工具之前, 旋转导向钻具组合的扭矩波动范围为 12~24 kN·m, 波动范围较大, 使用该工具以后, 钻进期间扭矩波动明显小于上部井段, 主要集中在 15~20 kN·m, 且

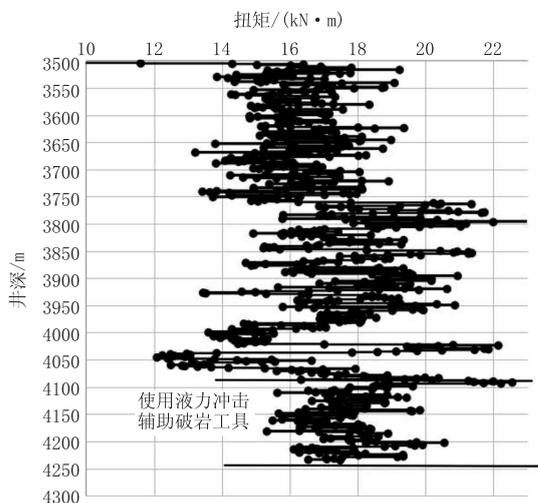


图 3 扭矩分布图

扭矩绝对值也有所降低, 使用前后降低扭矩波动的作用十分明显。

3.2.2 机械钻速对比

X4H 井第五趟钻进钻具使用的钻头型号为百施特 M1365(IADC 代码为 M433), 未使用液力冲击工具, 累计进尺 119.65 m(斜深 3944.35~4064 m, 对应垂深 3791~3852 m), 累计平均机械钻速仅 2.27 m/h, 尤其后期在灰质含量很高的泥质粉砂岩地层钻进期间机械钻速仅 0.5~1 m/h, 最终因钻速缓慢而起钻, 钻头磨损评价 1-3-WT-A-X-I-NO-PR。

X4H 井第六趟钻进使用的钻头型号为新速通 ST635RS(IADC 代码为 M223), 配合使用液力冲击工具, 到底后在灰质含量很高的泥质粉砂岩地层钻进期间速度较此前有明显改观, 机械钻速 3~5 m/h, 后续随着地层变化机械钻速最高达到 15~20 m/h, 该趟钻总进尺 175.79 m(斜深 4064~4239.79 m, 对应垂深 3852~3916 m), 平均机械钻速高达 7.80 m/h, 中完时机械钻速尚有 7~8 m/h。使用液力冲击工具与上部没有使用的井段平均机械钻速对比如表 2 所示。

3.2.3 钻具震动对比

表 2 使用液力冲击工具前后机械钻速对比

钻头型号	IADC	入井深度/ m	出井深度/ m	进尺/ m	钻压/ t	转速/ (r·min ⁻¹)	平均机械钻速/ (m·h ⁻¹)	是否使用液 力冲击工具
CK506KJMST	M323	3497.96	3944.35	446.39	1~15	80~150	5.88	否
M1365	M433	3944.35	4064.00	119.65	2~13	80~150	2.27	否
ST635RS	M223	4064.00	4239.79	175.79	1~9	80~130	7.80	是

在深井钻井中, 钻具长度较长, 下部容易粘滑、憋扭而出现钻具转速的瞬时释放, 这种情况下容易导致上下转速不一致出现松扣等钻具问题。一般在国内海洋钻井过程中, 采用斯伦贝谢定向井测量工具中的 Stick-Slip 监测钻具的这种状态^[7-9]。在本井第四、五趟未使用液力冲击工具, 钻进期间 Stick-Slip 值较高(尤其是第四趟钻进期间因此而频繁活动钻具), 大大超过了转速值的 200%; 而第六趟使用了液力冲击工具, 整体钻进过程 Stick-Slip 值均在 100 以内, 仅个别点较高(但未超过 300), 通过数据, 可判断该工具可明显降低井下钻具的震动。

3.2.4 对轨迹控制的影响

液力冲击工具对轨迹控制的影响主要体现在两个方面: 一是全角变化率的影响, 二是整体井眼轨迹

与设计的偏差。对比该井设计轨迹与实钻轨迹(见表 3)。可以看出使用液力冲击工具后, 造斜率与设计相当, 通过定向井作业指令控制等手段, 造斜率能够满足设计要求^[10-12]。

表 3 X4H 井设计轨迹与实际轨迹数据对比

测点深度/m		井斜角/(°)		方位角/(°)		全角变化率/ [(°)·(30 m) ⁻¹]	
设计	实际	设计	实际	设计	实际	设计	实际
4080	4076.13	64.08	62.89	356.11	354.82	1.8	1.48
4110	4104.86	65.86	65.18	356.42	356.48	1.8	2.85
4140	4133.27	67.63	67.86	356.72	356.95	1.8	2.87
4170	4162.07	69.41	69.29	357.02	357.12	1.8	1.50
4200	4191.02	71.19	71.12	357.31	357.76	1.8	2.00
4230	4218.98	72.97	73.03	357.59	358.07	1.8	2.07