

# 柔性四合一钻具在华池南梁区块的应用

## Application of Flexible Four In One Drilling Tool in Huachi Nan Liang Block

谭学斌 张小东 闫宏博

Xuebin Tan Xiaodong Zhang Hongbo Yan

川庆钻探长庆钻井总公司, 中国·陕西 西安 710021

Chuan Qing Misering Changqing Drilling Company, Xi'an, Shaanxi, 710021

**【摘要】**规四合一钻具结构在华池南梁区块施工中存在延安-延长组降斜率过高的问题,复合钻进时钻具结构抗降斜能力弱。本文给出了一种柔性四合一钻具结构,通过优化螺杆钻具、上扶正器、柔性短节等钻具结构,降低了滑动进尺比例,提高了滑动效率,增大了复合钻进井段长度,机械钻速大幅提高。

**【Abstract】**The conventional four-in-one drilling tool structure has the problem of excessively high slope reduction in Yan'an-Yanchang formation during the construction of South Beam Block in Huachi, and the anti-slope ability of the drilling tool structure is weak during the composite drilling. A flexible four-in-one drilling tool structure is presented in this paper. By optimizing the structure of screw drilling tool, centralizer and flexible knuckle, the sliding footage ratio is reduced, the sliding efficiency is improved, the length of compound drilling section is increased, and the penetration rate is greatly increased.

**【关键词】**斜率;柔性短节;滑动效率;机械钻速

**【Keywords】**falling slope; flexible joint; sliding efficiency; penetration rate

**【DOI】**<https://doi.org/10.26549/gcjsygl.v3i1.1386>

## 1 引言

2017年华池南梁区块实施甲乙双方“一体化”作业联合提速,布井200口,大规模开发。原有的常规四合一钻具结构在该区块延安-延长组存在降斜率过高的问题,由于甲方项目组要求完钻井斜与最大井斜相差不能大于6度,导致频繁滑动调整。该区块井控需求提前加重导致钻井液中固相含量高,原四合一钻具组合滑动托压严重,滑动效率低下。为了提高滑动效率,减少滑动进尺比例,增大复合钻进井段长度,我们在该区块研发了柔性四合一钻具结构,并进行了推广。

## 2 原理分析

用3.5米柔性短节替换2米短钻铤,一方面增大上扶正器与下扶正器的间距到12米,另一方面减弱钻具的钢性。当钻压加大到10-12吨时,BHA组合发生一次弯曲变形,提高了复合钻进增斜率和钻进速度。

### 2.1 柔性短节弯曲变形理论计算

将钻头到上扶正器这一段钻具看成自重作用下的斜简支梁,设双扶正器之间钻具长度为L,密度为 $\rho$ ,横截面积为S,则分布载荷为 $\rho g S$ 。设井斜角为 $\alpha$ ,可得轴向的支座反力为

$$X_A = L \rho g S \cos \alpha \quad (1)$$

将图1简支梁轴向载荷简化为作用在轴两端,轴力均匀。而横向均布的载荷

$$q = \rho g S \sin \alpha \quad (2)$$

这样将图1简支梁简化为图2简支梁来研究,且:

$$P = X_A / 2 = L \rho g S \cos \alpha / 2 \quad (3)$$

对简支梁的变形建立微分方程:

$$y'' + k^2 y = k^2 (-qLx + qx^2) / 2P \quad (4)$$

求解后可得A端的转角为:

$$\theta_A = y'|_x=0 = qL^3 (tgu - \mu) / (8EI\mu^3) \quad (5)$$

上式中  $\mu = (P/EI)0.5/2$ 。

令  $L=12\text{m}$ ,  $\alpha=10^\circ$ ,  $E=300\text{GPa}$ ,  $\rho=7.75\text{g/cm}^3$ ,  $S=87.04\text{cm}^2$ , 惯性矩  $I=1151.66\text{cm}^4$ , 由上公式, 可得 A 端的转角为:  $\theta_A=0.92^{\circ}$ 。

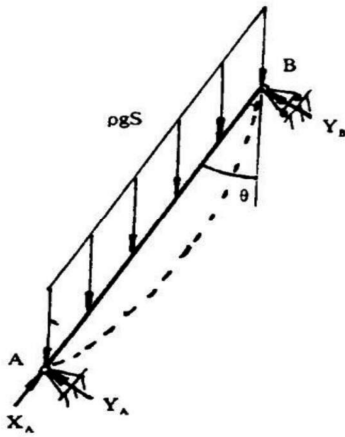


图1

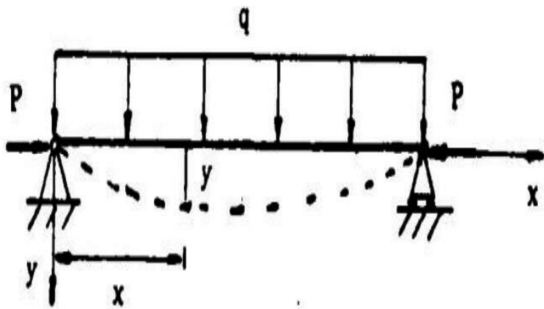


图2

## 2.2 柔性短节与短钻铤基本数据对比

表1 柔性短节与短钻铤一次抗压强度对比

工具	外径(mm)	内径(mm)	壁厚(mm)	一次抗压屈服强度(KN)
短钻铤	165	71	47	175
柔性短节	127	71	28	80
对比	-38	0	-19	-29

柔性短节比短钻铤更容易发生弯曲。

## 2.3 原四合一钻具与柔性四合一钻具对比

(1) 2016年四合一钻具结构:  $\varphi 206\text{PDC} + 7\text{LZ}\varphi 165 * 1.25 (202\text{stab}) * 7.6\text{m} + \varphi 168$  短钻铤 (1.7-2米) +  $\varphi 196-198$  螺旋扶正器 \* 1.5m +  $461 * 460\text{MWD} * 0.89 + \varphi 165\text{NDC} + \Phi 165\text{DC} * 8$  根 +  $\Phi 127\text{DP}$ 。

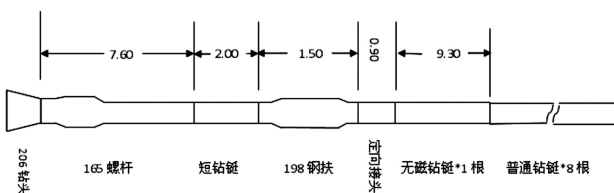


图3 四合一钻具结构图

(2) 柔性四合一钻具结构:  $\varphi 216 \text{PDC} + 7\text{LZ}\varphi 172 * 1.25 (210\text{stab}) * 8.3 +$  柔性短节 (3.4-3.5米) + 回压阀 \* 0.5 +  $\varphi 208-210$  球形扶正器 \* 1.5米 + 定向接头 +  $\varphi 165\text{NDC} + \varphi 127$  加重钻杆 15根 +  $\Phi 127\text{DP}$ 。

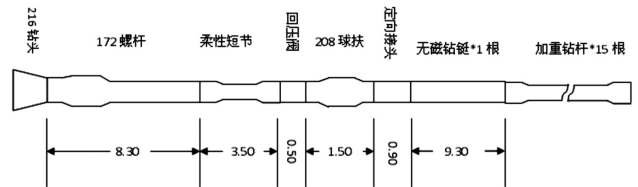


图4 柔性四合一钻具结构图

(3) 对比: 使用  $7\text{LZ}\varphi 172$  螺杆替换  $7\text{LZ}\varphi 165$  螺杆, 可承载钻压由 6-8 吨上升到 10-12 吨, 螺杆理论造斜率由  $6.84^\circ/30\text{m}$  上升到  $7.10^\circ/30\text{m}$ ; 将 2 米短钻铤更换为 3.5 米柔性短节, 降低组合刚性, 双扶间距由 10 米增大到 12 米。钻进时通过调整钻压改变柔性短节弯曲程度, 调整复合增斜率; 将钻铤数量由 9 根减少至 0-3 根, 使用 15 根加重钻杆提供钻压, 进一步降低刚性, 降低组合与下井壁正向压力, 并减少接触面积, 减少摩擦阻力; 将钢性螺旋扶正器改为 208-210 球形扶正器, 减小扶正器与井壁的接触面积, 降低摩擦阻力, 减少滑动拖压。

## 3 现场应用及效果

2017年4月在30652队山61-XXA井使用了柔性四合一技术, 施工情况如下:

环河、华池地层为造斜井段, 井段 385-524 总共滑动滑动 3 根, 方入全方, 增斜效果明显。测点  $371.46/4.75/232.7 \rightarrow 401.13/7.82/233.9, 401.13/7.82/233.9 \rightarrow 449.14/10.28/240.8, 506.19/14.5/238.1 \rightarrow 554.39/17.18/237.6$ , 滑动钻压 3-5T, 此地层复合转盘转速  $80\text{r/min}$ , 钻压 6T, 复合基本稳斜或者微增  $0.2-0.6^\circ/\text{百米}$ 。

洛河地层复合转盘转速  $70\text{r/min}$ , 钻压 8-10T, 上部复合  $2-2.5^\circ/\text{百米}$  增斜, 中部复合  $2.5-3.5^\circ/\text{百米}$  增斜, 底部复合  $3.5-4^\circ/\text{百米}$  增斜。洛河底部滑动半根方入 7 米, 调整方位,  $871.66/23.64/239.8 \rightarrow 910.1/24.96/236.3$ , 洛河复合整体方位稳定。

安定地层复合转盘转速  $70\text{r/min}$ , 钻压 9-10T, 复合稳斜稳方位。

直罗地层复合转盘转速  $70\text{r/min}$ , 钻压 10-11T, 上部地层降斜率为  $1-1.5^\circ/\text{百米}$ , 中部地层稳斜, 下部砂岩段复合降斜, 连续滑动一根半,  $1265.01/24.83/233.9 \rightarrow 1303.3/30.41/234.6$ , 此次滑动井斜上升  $5.58^\circ$ 。此地层复合钻时 7-8min/根, 滑动 30-40min/根。直罗地层复合降方位  $2-3^\circ/\text{百米}$ 。

延安地层复合转盘转速  $70\text{r/min}$ , 钻压 10-11T, 进入延安上部滑动一根降斜,  $1331.87/31.2/234.3 \rightarrow 1360.82/27.51/233.3$ , 滑动时间 1 小时。延安上部复合降斜  $1.5-2^\circ/\text{百米}$ 。延安中部复合稳斜, 下部砂岩段复合微降。延安地层复合降方位  $2.5-$

表2 柔性四合一与常规四合一滑动情况对比表

井号	二开到完钻 周期(h)	二开段长 (m)	最大井斜 (度)	最大水平位移 (m)	滑动进尺 (m)	滑动进尺比例 (%)	二开机械钻速 (m/h)
山61-XXX	195	1926	33.13	840	205.3	10.66	23.78
山61-XXA	91	1890	30.97	750	98.7	5.22	56.87
对比	-104	-36	-2.16	-90	-106.6	-5.44	33.09

4°/百米。此地层复合钻时10-11min/根。

富县地层复合转盘转速70r/min,钻压10-12T,此地层复合钻时10-11min/根,复合井斜微降0.5°/百米。方位微降1.5°/百米。

延长地层复合转盘转速70r/min,钻压10-12T。长1复合井斜微降1°/百米,降方位2.5°/百米,钻时10-11min/根。长2复合降斜降方位,井斜2.5°-3°/百米,方位2.5-4°/百米,钻时10-11min/根,长2底部滑动方入7米,耗时1.5小时。长3、长4+5复合降斜降方位,井斜2°/百米,方位1°/百米,钻时15-18min/根。

该井的井眼轨迹剖面图如下:

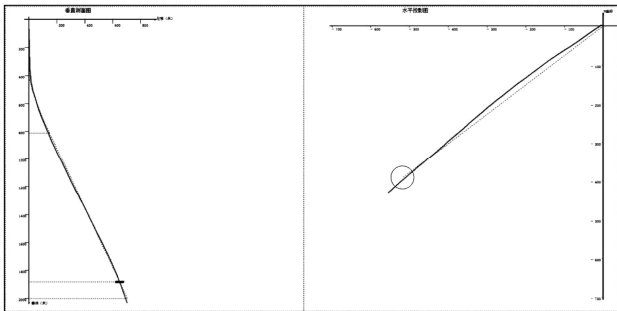


图5 山61-XXX井眼轨迹剖面图

山61-XXX与同井场使用常规四合一的山61-XXA井进行数据对比,见表2:

从表2可以看出,柔性四合一技术与常规四合一技术相比,滑动进尺、滑动进尺比例大幅下降,机械钻速大幅提高。

#### 4 结论与建议

(1)柔性四合一钻进技术能有效提高增斜效果,降低滑动进尺,提高滑动效率,降低滑动比例。

(2)柔性四合一技术有利于实现“激进钻井”,提高机械钻速,缩短钻井周期。

(3)可在油井其它区块推广使用,尤其是下部地层降斜率较高的区块。对于其它井型、其它区块,该套钻具组合同样具有参考及使用价值。

#### 参考文献

- [1]张兆德,周兴辉.井底钻具变形的近似计算[J].胜利学刊.1997(2):8.