

# DF2 水平分支井二开 $\varnothing 244.5$ mm 套管下入技术

王吉现, 余中岳

(中石化华北石油局第五普查勘探大队, 河南 新乡 453700)

**摘要:**针对大牛地气田 DF2 水平分支井二开  $\varnothing 244.5$  mm 技术套管下入的难点, 在对下管摩阻力进行认真分析的基础上, 制定了有针对性的下管技术方案, 实践证明方案是可行的。详细介绍了井眼准备、套管准备、下入方案以及下套管技术措施等。

**关键词:**大牛地气田; DF2 井; 水平分支井; 套管下入技术

**中图分类号:** TE256<sup>+</sup>.2    **文献标识码:** B    **文章编号:** 1672-7428(2008)06-0046-03

## 1 工程概况

为了评价大牛地气田山 1 段气层的自然产能和开发山 1 气藏的可行性, 而部署了一口水平分支井——DF2 井。该井二开  $\varnothing 244.5$  mm 套管能否顺利地地下入至预定井深, 是关系分支能否有效实施的关键所在。

DF2 井位于陕西省榆林市小壕兔乡掌高兔队, 主要目的层为山 1 段山 1-2 气层组, 设计井深 4710.95 m, 实际完钻井深 4006.66m。该井于 2007 年 1 月 21 日开钻, 2007 年 8 月 21 日完钻。

### 1.1 井身数据

一开井身结构:  $\varnothing 444.6$  mm  $\times$  502 m +  $\varnothing 339.7$  mm  $\times$  501.31 m;

二开井身结构:  $\varnothing 311.2$  mm  $\times$  3111 m +  $\varnothing 244.5$  mm  $\times$  3109.01 m;

直井段: 502 ~ 2596.71 m, 进尺 2094.71 m;

主井眼斜井段: 2596.71 ~ 3111 m, 进尺 514.29 m, 井斜  $0 \sim 90.71^\circ$ ;

A 点井深数据: 测深 3106.09 m, 井斜  $90.71^\circ$ , 方位  $298.96^\circ$ , 垂深 2877.65 m, 位移 350 m。

### 1.2 套管数据

套管段长:  $0 \sim 3109.01$  m, 段长 3109.01 m, 口袋 1.99 m。

套管钢级: P110, 壁厚 11.99 mm, 单位质量 69.74 kg/m, 外径 244.5 mm, 内径 220.5 mm, 通径 216.5 mm, 段重 216.5 t。

套管串结构: 浮鞋  $\times 0.53$  m + 1 根 P110/11.99 mm 技术套管  $\times 10.34$  m + 浮箍  $\times 0.22$  m + 1 根 P110/11.99 mm 技术套管  $\times 10.20$  m + 浮箍  $\times 0.48$

m + 294 根 P110/11.99 mm 技术套管  $\times 3095.61$  m。

浮力系数:  $(7.8 - 1.25)/7.8 = 0.84$ , 浮重 182 t。

## 2 井眼准备及通井方案

### 2.1 井眼准备

严格控制井眼轨迹按照设计轨迹走向, 保证井眼轨迹光滑, 有利于套管串的下入; 钻至 A 点前, 加入 3.5% 的液体润滑剂降低粘滞系数, 提高钻井液的润滑性; 用 1% 的无荧光白沥青改善泥饼质量; 加入 0.3% 的 NAT20 控制失水量在 5 mL 以内, 减少滤液的渗透半径, 防止井壁失稳。

钻进至 A 点井深, 充分地循环泥浆, 调整好泥浆性能, 循环时, 不定点活动钻具, 防止冲出大肚子; 进行短起下作业, 短起至 2859 m 后, 下钻; 下钻到底后, 大排量循环泥浆, 观察震动筛上无砂子返出后, 起钻; 根据起钻的遇阻情况, 在遇阻点反复划眼多次, 有针对性地破坏可能形成的键槽。

### 2.2 通井方案

起完钻, 原钻具通井; 下钻如果遇阻, 尽可能的上下活动通过遇阻点, 并多活动几次; 下钻顶浆时, 避开煤层位置, 防止冲刷煤层, 造成井壁不稳。

到底排量以略大于正常排量 (45 L/s) 循环, 注意震动筛返砂情况。循环时勤活动钻具, 采用上下活动和转动钻具的方法, 达到破坏岩屑床, 有利于携岩的目的。通井时根据实测的迟到时间反推主井眼井径扩大率, 为固井提供准确的数据作好基础。

确定井眼清洁后, 打入用原浆配好的 3% ~ 5% 塑料小球  $50 \text{ m}^3$ , 替浆至井深 2500 m, 封堵 2600 m

收稿日期: 2008-04-11

作者简介: 王吉现 (1978-), 男 (汉族), 河南新乡人, 中石化华北石油局第五普查勘探大队钻井队副队长、钻井助理工程师, 物理专业, 从事钻井生产和技术管理工作, 河南省新乡市洪门。

以深的斜井段;停泵,高速旋转钻具 5 min,使塑料小球被充分地甩到井壁上;然后起钻。

实际通井时摩阻分析如图 1 所示。

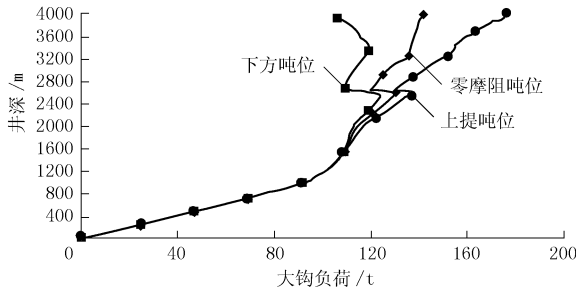


图 1 大钩负荷 - 井深关系图

通过图 1 可以分析出实际的摩阻最大为 340 kN。

### 3 下套管技术措施

#### 3.1 核对井眼曲率是否满足套管曲率半径的要求

##### 3.1.1 $\varnothing 244.5$ mm 套管曲率半径的计算

根据公式:

$$R = EDK_1K_2 / (200r_p)$$

式中: $R$ ——允许套管弯曲半径; $E$ ——钢材弹性模量, $206 \times 10^6$  kPa; $D$ ——套管外径,cm; $r_p$ ——钢材屈服极限, $758 \times 10^3$  kPa; $K_1$ ——抗弯安全系数,取 1.8; $K_2$ ——螺纹连接安全系数,取 3。

经计算得  $R = 179$  m。

##### 3.1.2 定向井井眼曲率半径计算

$$R_0 = 360 \times S / (2 \times 3.14 \times K)$$

式中: $R_0$ ——井眼曲率半径,179 m; $S$ ——长度,取 100 m; $K$ ——井眼曲率。

计算得  $K = 32^\circ / 100$  m。

##### 3.1.3 分析

根据套管的弯曲半径 179 m,计算井眼的允许曲率  $32^\circ / 100$  m。实际的曲率为  $17.5^\circ / 100$  m,完全满足下套管要求。

#### 3.2 下套管前的准备工作

- (1) 检查所有的附件良好;
- (2) 套管存放在井场的平整处;
- (3) 管的外观检查和通径;
- (4) 套管长度的测量和地质人员共同完成;
- (5) 认真清洗丝扣;

(6) 设备的准备情况:下套管前对所有的设备包括钻机、顶驱、柴油机、泥浆泵、泥浆净化系统等进行全面的检查保养,确保地面工作正常,要求固井队准备变扣接头 2 个,18 m 长的灌浆管线一条,以备

下套管遇阻循环时用。

### 3.3 下套管摩阻分析

本井造斜后井迹弯曲,使管柱入井时受到的阻力比直井大很多,给钻井作业增加了难度。为解决管柱顺利下入井内的问题,我们对管柱摩擦阻力进行了分析计算,保证了本井管柱的顺利下入。

影响套管下入的因素很多,为便于分析求解,我们假定井迹曲线为一平面曲线,井的曲率半径较大(中、大曲率半径),且井迹光滑无“狗腿度”,如图 2 所示。

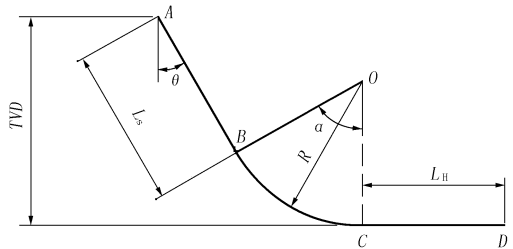


图 2 井眼轨迹示意图

由 B 点到 C 点造斜段受力分析:造斜段是本井管柱受力最复杂的一段,取 BC 弦上一微段,画出受力图如图 3 所示。

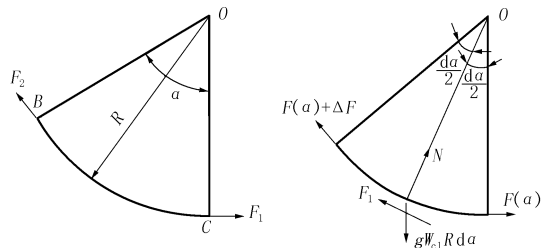


图 3 造斜段管柱受力示意图

当  $0 \leq \alpha \leq \alpha_1$  时,将相应值代入得到 B 点处的轴力  $F_2$ :

$$F_2 = F(\alpha_2) = [F_1 - \frac{gW_{el}R}{\mu^2 + 1}(\mu^2 \cos \alpha_1 - \cos \alpha_1 + 2\mu \sin \alpha_1)]e^{-\mu(\alpha_2 - \alpha_1)} + \frac{gW_{el}R}{\mu^2 + 1}(\mu^2 \cos \alpha_2 - \cos \alpha_2 - 2\mu \sin \alpha_2)$$

显然,要求出  $F_2$ ,就必须先确定临界点的位置和相应的轴力  $F_1$ 。

$$F_1 = F(\alpha_1) = [F_0 - \frac{gW_{el}R}{\mu^2 + 1}(\mu^2 - 1)]e^{\mu\alpha_1} + \frac{gW_{el}R}{\mu^2 + 1}(\mu^2 \cos \alpha_1 - \cos \alpha_1 - 2\mu \sin \alpha_1)$$

由以上分析可求出  $F_1$  和  $F_2$ ,代入本井的数值  $F_1$  和  $F_2$  分别为 306.5 kN 和 297.4 kN,而通井时起

下钻摩阻最大为 340 kN,因此理论上分析此次套管下入是正常的。

### 3.4 下套管

(1) 上扣前对螺纹进行外观检查,并在全部内、外螺纹表面和密封面涂上均匀一层螺纹脂。

(2) 使用吊车吊运至钻台时,应始终带上护丝;吊上钻台时,由钻井技术员负责核对入井序号是否与编排的入井套管串一致。

(3) 对好扣后,应首先用带钳缓慢地低速转动套管,以保证螺纹正常啮合,不发生错扣,然后使用中速进行上扣。套管上扣扭矩符合 API 标准,上扣最大扭矩 20.56 kN·m,最小扭矩 12.34 kN·m,最佳扭矩 16.45 kN·m。

(4) 套管应以适当的速度下放或提升,避免激动和抽吸。下放单根的时间  $< 30$  s,如果下放时遇阻下压力  $> 150$  kN,提升不得超过套管连接强度的 75%。 $\varnothing 244.5$  mm 的套管抗拉强度为 5502 kN。

(5) 扶正器加法及灌浆的要求。

扶正器的下放情况如表 1 所列。

表 1 DF 井二开套管扶正器下放情况

井段/m	套管规格 /mm	井眼尺寸 /mm	扶正器类型	加放 方法	数量 /个
0~2600	244.5	311.2	弹性扶正器	1/12	22
2600~2810	244.5	311.2	弹性扶正器	1/3	7
2810~2960	244.5	311.2	刚性旋流扶正器 (合金或聚酯)	1/2	8
2960~3068	244.5	311.2	刚性旋流扶正器 (合金或聚酯)	1/3	4
3068~3098	244.5	311.2	弹性扶正器	1/1	3

注:加放方法中,1/12、1/3、1/2、1/1 分别指每隔 12、3、2、1 根钻杆加一个扶正器。

① 采用“抬头工艺”,即在浮鞋段连续加放 3 个弹性扶正器,使浮鞋在大斜度井段离开井壁,以减小前部套管摩阻,导引套管顺利进入大斜度井段。套管及浮鞋、浮箍上扣前丝扣必须涂抹高温密封脂(粘胶);加弹性扶正器时,井口小工具用绳子捆好,销钉、锤子拿好,严禁井下落物,并且井口四周用布

围好。

② 连续向套管内灌泥浆,2600 m 以后不再灌;利用顶驱接套管扣吊卡以及上提的时间,进行连续灌浆,确保泥浆尽量灌满。按规定向套管内灌满钻井液,38.17 L/m。由泥浆工专门核对灌浆量,并由泥浆工坐岗,注意井口返浆,连续 5~8 根不返浆,则及时查明原因,判明情况,及时采取措施。

### 4 下套管过程中出现遇阻情况的应急措施

下套管期间遇阻需要循环泥浆时,使用专用的泥浆循环接头。将泥浆循环接头与套管接箍适当连接,以免损坏接箍螺纹和密封面。而后再将高压立管 18 m 灌浆管线与泥浆循环接头连接。泥浆循环接头与套管接箍及方钻杆连接时应使用普通的螺纹脂。先小排量循环,上下活动套管,注意阻卡显示,反复活动,正常后再缓慢下放套管。

套管通过遇阻井段时,司钻应特别小心,注意绝不能使吊卡离开套管接箍台阶面,如要上提,不能低于套管的最小抗拉安全系数的 1.45~1.5,下放不超过井内套管浮重的 60%。套管在中途遇阻时,要提前做好吊笼,用小绞车将人吊上去进行循环头的安装,上去时,人要系好安全带,手工具要有安全绳,井口要有防落物措施。

### 5 结语

通过以上措施的有效实施,保证了 DF2 井二开  $\varnothing 244.5$  mm 技术套管的顺利下入,并且实现鄂北工区最大技术套管尺寸( $\varnothing 244.5$  mm)、最大井斜( $90.71^\circ$ )、最大下深(3109.01 m)的工区纪录。

### 参考文献:

- [1] 睦满仓. 水平井管柱下入摩阻分析及应用[J]. 石油机械, 1999, 27(2).
- [2] 李克向. 钻井手册(甲方)[M]. 北京:石油工业出版社, 1990.

## 中国地质调查局“节水钻探新技术现场示范与培训班”圆满结束

本刊讯 为充分发挥钻探新技术在勘探钻进和地质调查中的作用,帮助广大现场钻探技术人员了解和掌握节水钻探新技术,受中国地质调查局委托,由中国地质大学(武汉)工程学院承办、河南省地矿局第四地质探矿队协办的“节水钻探新技术现场示范与培训班”于 2008 年 5 月 5~7 日在河南省三门峡市隆重举办。中国地质调查局科技外事部新技术处何凯涛副处长代表中国地质调查局亲临会议现场指导工作,并在开班仪式上发表讲话,希望通过本次培训班使这项

符合我国国情的节水钻探新技术在国内逐渐得到推广应用。来自甘肃、内蒙古、陕西、广东、湖南、河南等地的 40 多位代表参加了本次培训班。通过节水钻探原理和操作规程讲座、钻探现场示范观摩和代表座谈等环节,使学员们深入掌握了节水钻探新技术。与会者一致反映,受益匪浅。此次培训班圆满成功,加快了节水钻探新技术的推广步伐。

(中国地质大学(武汉) 卢春华 供稿)