

# 水平井及大斜度定向井大修工艺认识与探讨

卢斌林

(中石油玉门油田分公司油田作业公司 甘肃玉门 735200)

摘要: 水平井作为高效开发各类油气藏、提高单井产量、提高采收率的重要手段, 已为国内各大油田广泛推广和应用, 随之而来的水平井大修作业的迫切性也日益显现出来。本文就水平井解卡打捞、钻磨铣套工艺进行分析, 对今后水平井大修作业提供借鉴。

关键词: 大修; 水平井; 解卡打捞; 钻磨铣套

## 1 引言

水平井是井眼轨迹同油层走向基本一致, 井斜角不低于 $86^\circ$ 的特殊定向井, 因此, 本文把水平井和大斜度井放在一起分析。水平井的特殊性也决定了水平井的修复性比较困难。

## 2 水平井大修工艺难点分析

### 2.1 水平井大修受力分析

从力学角度分析, 水平井起下管柱磨阻增大, 管柱和工具有磨损, 力和扭矩不易传递。当油层砂粒进入井筒, 沉积形成井段的砂床, 严重时形成砂堵井眼, 导致管柱被卡。井内管柱贴近井壁底边, 大修工具在打捞、磨铣时无法居中, 对修井工艺造成影响。管柱到达水平段时, 处于水平井段的管柱, 受钟摆力和摩擦力双重作用力的影响, 易形成卡钻。水平井中的管柱所受弯曲应力大, 活动解卡时的拉力和打捞时扭矩损失大, 提拉力和扭矩不能全部传递到卡点上, 整体解卡成功的几率和打捞效率降低。倒扣打捞时无法准确掌握中和点, 打捞判断受影响, 只能根据经验适当增加上提力, 增加打捞次数, 施工周期长。

### 2.2 水平井的大修原则

(1) 施工过程不能损害油气层和污染油气层, 有利于稳产高产及后续生产。

(2) 施工过程不能损伤井身结构, 有利于延长油水井的寿命。

(3) 处理事故过程中必须是越处理越容易, 而不能越修越复杂甚至造成事故叠加。

(4) 施工全过程必须符合环保作业要求。

### 2.3 水平井大修的技术难点

水平井斜井段井眼曲率大、水平段井斜角大、水平段较长, 主要存在以下技术难点:

(1) 受井眼轨迹限制, 直井常规井下工具、施工管柱难以满足水平井修井要求;

(2) 在斜井段和水平段, 施工管柱和井下落物紧贴套管壁下侧, 鱼头引入和修整困难;

(3) 施工管柱受钟摆力和摩擦力双重影响, 加之流体流动方向与重力方向不一致, 冲砂不易返出, 易形成二次沉积;

(4) 在斜井段和水平段摩阻大, 施工管柱、井下工具和套管磨损问题突出, 套管保护难度大;

(5) 扭矩、拉力和钻压传递损失大, 解卡打捞困难, 打捞小件或少量落物时是否捞获不易判断, 倒扣中和点掌握不准。

## 3 水平井大修工艺技术

### 3.1 水平井解卡工艺技术

水平井解卡工艺主要针对斜井段和水平段内的落物实施, 常规直井解卡方法已不适用。因此, 应根据井下不同的阻卡情况及落物类型, 采取相应的解卡技术。

(1) 水平增力解卡技术。针对水平井井斜角大、在井口活动管柱能量传递效果差、不易解卡的难题, 利用井下打捞增力器把大钩的垂直拉力转变成水平拉力并具有增力效果, 两力共同作用实现解卡。适用于在斜井段和水平段内断脱或砂卡的压裂、分层的管柱等。

(2) 震击解卡技术。针对水平井钻压传递困难的实际情况, 采用倒装钻具结构或配合下击器共同作用进行震击解卡。适用于管柱掉井后砂卡或小件落物造成的管柱阻卡后的解卡。

(3) 震击倒扣解卡技术。对以上方法无法解卡的, 可利用震击配合倒扣进行解卡。管柱结构和震击解卡管柱配合倒扣工具。先将卡阻点以上的管柱倒扣捞出, 处理卡阻点后再打捞落物。

(4) 钻磨铣套技术。打捞砂埋的井下生产管柱, 如果出现倒不开扣, 扭矩过大的情况, 选择先套铣后打捞。采用各类钻头、铣锥、铣鞋、套铣筒等硬性工具对被卡落物破坏性处理, 如对桥塞、牙块、钢丝绳、下井工具等进行钻磨铣套, 清除掉卡阻落物。适用于小件落物掉井卡阻后的解卡、管柱掉井后被其他小件落物卡阻后的解卡或其他解卡方法无效后的最后解卡方法。

### 3.2 水平井打捞工艺技术

水平井、大位移井中打捞管柱受力复杂, 因此水平井打捞的难度较直井大的多, 必须要另外考虑以下几个方面的因素:

#### 3.2.1 打捞工具的选择原则

(1) 水平井打捞工具必须能有效防止工作部件在下井过程中的磨损;

(2) 打捞工具必须能保证在下井过程中不堵塞水眼;

(3) 选择打捞工具接头的最大外径及打捞管柱配合接头的最大外径应与鱼顶管柱外径基本一致或加装引鞋, 这样

才有利于捞获水平段落物。

### 3.2.2 打捞管柱设计原则

(1) 必须保证打捞管柱下井后与井下水平段管柱的偏心距基本一致，两者的中心线基本一致；

(2) 慎重考虑打捞管柱上接扶正器的问题，扶正器外径大小、安装位置都会有效增加打捞成功率。

(3) 水平井打捞管柱不适合进行大力解卡施工，多次、长时间的大力解卡将造成打捞管柱、原井套管受损。

### 3.2.3 打捞工艺

在水平井打捞工艺上，结合水平井特点和直井打捞工艺，按照以下步骤进行施工：打印、修鱼头、下打捞管柱。

(1) 打印：该方法在实际应用过程中首先必须要针对鱼顶发生的沉沙杂物进行彻底清洗，并在水平井专用铅膜外部加装相应的护罩，只要能够充分保证印痕的清晰，就能够在水平井作业过程中保证在其斜井段以及水平段铅模不会发生刮碰等现象。

(2) 修鱼头：其主要是针对一些存在不规则现象的鱼头进行合理修整。在具体的作业过程中充分利用配备了相应扶正机构的凹底磨鞋，不仅能够充分保证鱼头实现良好的对中，而且还能够充分发挥出收鱼保鱼的作用，另外还能够充分保证磨铣管柱的稳定性，也能够有效避免在磨铣施工过程中下部套管遭受损伤等状况。

(3) 打捞：要充分结合井下落物的实际类型，以及具体的故障状况，来合理的选择或者研制出有针对性的打捞工具。例如，在实际的作业过程中可以针对外捞工具配备了具有了内外倒角的引鞋，而针对内捞工具则可以充分利用适用性比较高的一体式引锥。

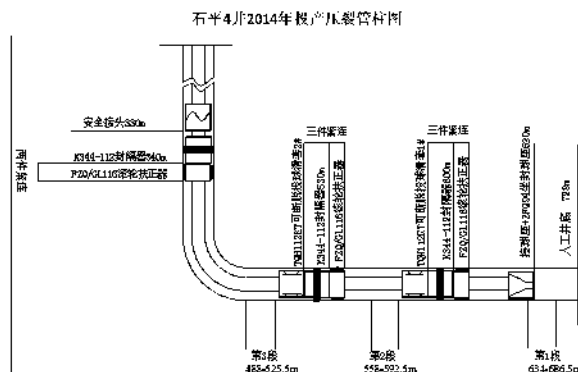
### 3.3 水平井钻磨铣套工艺技术

采用各类钻头、铣锥、铣鞋、套铣筒等硬性工具对被卡落物进行破坏性处理，例如桥塞、电缆、钢丝及井下工具等。具体施工与修鱼头工艺一致。在水平井钻磨铣套施工过程中，由于存在斜井段和水平段，钻屑和沉砂返出难度大。若采用增大排量来保证携带效果，在较小的环空中会导致泵压升高。因此修井液体系必须具备携带能力强和流变性能好等特点，并具有保护油层的作用。

### 4 典型实例介绍

#### 4.1 玉门油田石平 4 井打捞砂蜡卡封隔器

玉门油田石平 4 井井身结构如图 1 所示



2014 年 9 月，玉门油田石平 4 井压裂后卡钻，活动解卡，起出上部全部油管、K344-112 封隔器一个、TQH112KT 可断投球滑套上部分。2015 年 8 月份上修解卡打捞时，下  $\phi 73\text{mm} \times 1.51\text{m}$  双滑块捞矛 1 根 +  $\phi 103\text{mm} \times 0.19\text{m}$  安全接头 1 个 +  $\phi 73\text{mm}$  NU 扣油管，倒扣解卡后起钻完，检查发现带出安全接头上部分，鱼顶为  $\Phi 103\text{mm}$  安全接头公丝扣，深度 525.02m。井下落鱼自上而下： $\Phi 103\text{mm}$  安全接头公丝扣 +  $\phi 73\text{mm} \times 1.51\text{m}$  双滑块捞矛 1 根 + TQH112KT 可断脱投球滑套下部分 + K344-112 封隔器 H:530 米 + FZQ/G116 滚轮扶正器 + TQH112KT 可断脱投球滑套 + K344-112 封隔器 H:600 米 + FZQ/G116 滚轮扶正器 + ZFQ94 座封球阀 H:620 米。鱼顶为  $\Phi 103\text{mm}$  安全接头公扣，深度 525.02m。落鱼堵塞孔段，为发挥该井潜力，2019 年提出打捞解卡措施。

打捞难点主要有：该井分层压裂，管柱结构复杂，大直径工具多、抗拉强度高；结蜡、出砂严重，存在砂蜡双重卡钻；落物处在大井斜段及水平段，最大井斜  $87.25^\circ$ ，打捞工具难入鱼，水平段钻磨易开窗。

该井针对性措施：

- (1) 清理鱼头上部井筒，以确保工具能顺利到达鱼头位置。
- (2) 工具、接头的最大外径与预捞管柱外径基本一致，这样有利于抓捞落物。
- (3) 油管贴边严重，管外压裂砂致密，尽量采取内捞工具。
- (4) 尽量选择上提下放且可退式打捞工具或者液压式工具。
- (5) 为利于轴向载荷和扭转载荷的传递，可选用倒装钻具，即下段采用与落井管柱同尺寸的钻具，上段采用大一级的钻柱，或把钻铤加在垂直井段。
- (6) 使用优质钻具，勤检查、倒换钻具，防止钻具折断。

表 1 玉门油田石平 4 井打捞砂蜡卡压裂管柱实施过程

步骤	施工情况	分析、判断
1	采用热洗、冲砂、通井手段清理上部井筒 H: 403.05m	未清理至鱼头位置，套管结蜡严重
2	打印 H: 432.67m	铅模底部端面有蜡质和泥沙，一侧边缘有轻微磨损，套管结蜡严重

3	下 $\phi$ 114mm刮蜡器,热洗清蜡 H: 423.94-525.84m	结蜡严重
4	打印 H:525.84m	铅模底部端面有 $\phi$ 89mm的圆弧形印痕,重新验证鱼头深度,鱼头为 $\phi$ 89mm安全接头下接头
5	下套铣筒套铣进尺0.15m后无进尺,套铣管内无套铣痕迹	管柱靠边,入鱼困难,套铣进尺少
6	下倒扣接头,倒扣打捞出 $\phi$ 89mm安全接头下接头及滑块捞矛上接头	砂埋、蜡卡严重
7	下母锥打捞2次,下倒扣接头打捞2次,分别捞出 $\Phi$ 73mm滑块捞矛矛杆1根、TQH112KT可断脱投球滑套1个、K344-112封隔器1个、 $\Phi$ 73mmNU $\times$ EUE变扣接头1个、FZQ/GL116滚轮扶正器1个、 $\Phi$ 73mmNU $\times$ EUE变扣接头1个、 $\phi$ 73mm油管接箍1个 $\times$ 0.13m	砂埋、蜡卡严重
8	下套铣筒套铣4次,分别下入母锥2次、可退式卡瓦捞筒1次,井下落鱼全部捞完	砂埋钻具

针对落鱼贴边严重,管外结蜡严重、压裂砂致密,外捞效果不理想采用高强高效薄壁套铣头。针对油管严重贴边、油管内及套管环空结蜡严重、有大量压裂砂的问题,采取先清理鱼顶及落鱼周围的压裂砂及蜡,后进行打捞施工,同时采用高强高效薄壁套铣头,施工过程中采用高粘度修井液大排量正循环冲洗,确保充分清理井筒沉砂,避免形成了长水平井段的“砂床”。依据“清、套、捞”思路,该井套铣5次,为倒扣打捞出井下全部复杂落物奠定了基础。

### 5 结论与认识

(1) 水平井井斜角度变化增加量越大,钻柱就越容易受阻。管柱遇到阻碍后会严重的影响打捞作业的正常进行,使得水平井钻井的工作效率严重下降。为了能够解决管柱受阻的问题需要对受阻的管柱进行正循环的冲洗,使得把阻碍的异物冲掉,当水平井管柱受阻时千万不要用大力解卡,以免把施工变的复杂化。在打捞时要选择可退式的打捞工具,如果打捞不成功可以采用退出打捞工具的方式来解决。

(2) 目前的水平井解卡、打捞、钻磨套套工艺技术,基本解决了水平井大修的工艺难题,但水平井大修技术目前尚不成熟,造斜段、水平段套变问题不能很好解决。下步应继续摸索改进水平井大修施工工艺、管柱结构及施工参数等。

(3) 水平井大修施工风险较大,管柱结构及下井工具是施工成败关键,下步应继续研究开发适合水平井大修的专用配套工具,不断提高修井工具对水平井造斜段和水平段的适应性。

### 参考文献

- [1] 李洋.提高水平井大修质量的工艺措施应用[J].中国石油石化, 2017(11).
- [2] 陶国治.水平井大修技术探讨与应用[J].化学工程与装备, 2016(11).
- [3] 于春辉.浅谈水平井大修工艺技术与施工难点[J].中国科技博览, 2012年第17期.