

# 海上同层侧钻井实施方案优选方法

吴占民, 王占领, 王 赞, 龚 明, 杨旭才

(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:**为了评价同层侧钻井之裸眼水泥塞侧钻方式与套管开窗侧钻方式的经济性, 优选侧钻方式, 介绍了 2 口同层侧钻井的常规的设计及作业过程, 分析弃井过程中打捞筛管工期的长短及裸眼水泥塞侧钻的经济性。通过建立应用侧钻方案决策图, 筛选影响侧钻经济性的关键因素, 归纳出的打捞筛管经济工期及经济临界剩余工期的计算方法, 可用于在现场作业过程中出现筛管打捞困难的情况下, 是否改变方案的决策, 以达到节约成本之目的, 具有一定的推广价值。

**关键词:**裸眼水泥塞侧钻; 套管开窗侧钻; 经济工期

**中图分类号:** TE243+.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2018)07-0041-03

**Optimization Method for Offshore Same Layer Sidetracking Scheme/WU Zhan-min, WANG Zhan-ling, WANG Zan, GONG Ming, YANG Xu-cai** (CNOOC EnerTech-Drilling & Production Co., Tianjin 300452, China)

**Abstract:** In order to evaluate the economy of openhole cementing sidetracking in the same layer and openhole sidetracking in casing to optimize the way of sidetracking, the conventional design and operation processes of 2 wells by the same layer sidetracking are introduced. The period of screen pipe fishing in well abandonment and the economy of openhole cementing sidetracking are analyzed, by establishing a decision graph of sidetracking scheme, the key factors affecting the economy of sidetracking are sought out, and the calculation method concluded for the economic construction period of screen pipe fishing and critical surplus construction period of the economy can be used as the decision basis for whether the screen pipe fishing scheme should be adjusted or not.

**Key word:** openhole cementing sidetracking; sidetracking in casing; economic construction period

## 0 引言

海上平台槽口资源有限, 受钻机资源紧张以及作业成本高等因素的制约, 老井侧钻成为调整井主要实施方式之一<sup>[1-2]</sup>, 渤海油田近几年调整井中, 侧钻井的比例已高达 70%。设计方案中如何降低侧钻井的成本已成为专家关注的焦点。

同层侧钻是指新靶点分布在老井眼的同一开采层位, 即老井眼轨迹上侧钻至新靶点的一种深层侧钻方式分套管开窗侧钻和裸眼水泥塞侧钻, 套管开窗侧钻成功率高, 但开窗作业工期长, 工具费用高, 侧钻后井眼尺寸小。裸眼水泥塞侧钻工艺操作简单, 钻井费用相对较低<sup>[3]</sup>, 但弃井作业需要打捞防砂管柱, 主要有以下难点<sup>[4-6]</sup>: (1) 井斜角大, 冲砂难度较大; (2) 水平井由于造斜段的摩阻作用, 井口的上提力无法有效地传递到井下水平段; (3) 井口扭矩无法有效传递到井下水平段, 打捞工艺的实施比较困难; (4) 多次切割管柱后, 由于管柱质量小, 判断是否

捞住“落鱼”比较困难。

渤海油田某平台实施的 2 口裸眼水泥塞侧钻井, 在弃井防砂管柱打捞过程中, 采用同样的工艺技术, 但工期相差很大。打捞防砂管柱的目的是为了在技术套管鞋下进行裸眼侧钻, 可以最大限度的利用老井眼, 节约钻井进尺, 进而节约成本, 但根据目前的作业情况, 打捞工期存在较大的不确定性, 设计阶段无法直接判断最为经济的侧钻方案, 因此需要建立侧钻方案优选方法, 根据现场作业过程的顺利与否, 进一步优选经济的侧钻方案。

## 1 作业回顾

海 1H、海 2H 井为渤海油田某平台 2 口生产井, 由于受出砂影响低产低效, 油藏研究地质决定原井位同层水平井侧钻。套管程序:  $\varnothing 609.6$  mm 隔水导管 +  $\varnothing 339.7$  mm 套管 +  $\varnothing 244.5$  mm 套管 +  $\varnothing 215.9$  mm 裸眼  $\times$  TD, 完井采用  $\varnothing 177.8$  mm 优

收稿日期: 2018-04-16

基金项目: 中海油“海上油气田井筒侧钻完井技术集成体系现状分析”项目(编号: GCJSXMHT-E1703)

作者简介: 吴占民, 男, 汉族, 1986 年生, 硕士, 主要从事石油钻完井工程方面的研究工作, 天津市滨海新区海川路 2121 号渤海石油管理局 C 座 1515 室, wuzhm11@cnooc.com.cn。

质筛管防砂。

2口裸眼水泥塞侧钻井,弃井时需要回收生产管柱和裸眼段部分防砂管柱。海1H井回收顶部封隔器及裸眼段防砂管柱比较顺利,弃井工期约8d,海2H井回收顶部封隔器过程比较顺利,但是在回收裸眼段防砂管柱时,经6次调整切割点位置,才成功回收第一段防砂管柱,回收防砂管柱共进行了22趟起下钻作业,弃井工期约28d。

2口井为同一平台,同一年份投产的井,老井情况基本相似,海2H井回收防砂管柱困难情况是设计阶段无法预知的,如何将设计阶段无法预知的因素转化为确定因素,对于选择合理的作业方案至关重要。

## 2 侧钻方案优选方法

### 2.1 方法概述

由海1H和海2H井的作业情况可以看出,对于同层侧钻井,弃井工期的长短决定了侧钻方式的合理性,若是弃井时打捞筛管管柱过程顺利,进行裸眼侧钻,成本较小;若是弃井时打捞筛管不顺利,工期较长,海上作业综合日费高,尽管钻井工期短,成本小,但是弃井成本较高,整个侧钻方案成本将会增加很多。虽然套管开窗侧钻方案钻井进尺长,成本高,但是弃井工期短,费用低。

通常情况下,现场作业以工程设计为依据,对同层裸眼水泥塞侧钻,由于设计阶段,打捞筛管工期往往无法进行准确的判断或预测,因此设计方案不一定是最经济的。根据现场实际的作业情况,当不确定因素逐渐转换为确定因素时,此时需要准确判断设计方案是否为最优方案,因此建立如下的决策流程图(见图1),根据实际情况,实时调整作业方案,寻求费用最优的侧钻方案。现场临时调整作业方案

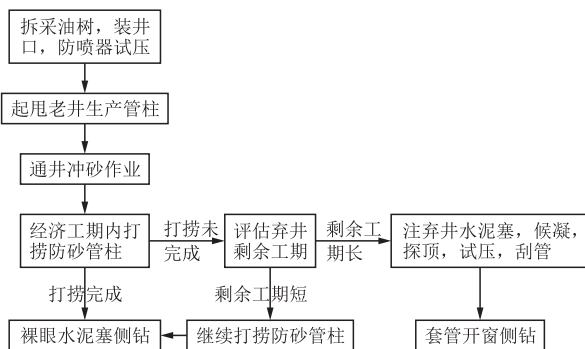


图1 侧钻方案决策图

对于作业过程中存在不确定因素的情况具有一定的适用性。

### 2.2 关键参数的确定

根据图1的操作流程,需要确定经济工期和剩余工期长短的判断标准,关于经济工期建立如下公式:

$$RT_1 + F_1 = RT_2 + F_2 \quad (1)$$

式中: $R$ ——弃井作业综合日费,万元/d; $T_1$ ——裸眼侧钻方案弃井工期,d; $F_1$ ——裸眼侧钻方案钻完井费用,万元; $T_2$ ——套管开窗侧钻方案弃井工期,d; $F_2$ ——套管开窗侧钻方案钻完井费用,万元。

式(1)左边为裸眼水泥塞侧钻方案费用,右边为套管开窗侧钻方案费用,经转换得到如下公式:

$$T_1 = (F_2 - F_1) / R + T_2 \quad (2)$$

根据 $R$ 、 $T_2$ 、 $F_1$ 、 $F_2$ 的取值,可求得 $T_1$ 的取值,即裸眼水泥塞侧钻方案的弃井经济工期。

当弃井作业进行至 $T_1$ 工期时,若仍未满足裸眼侧钻条件,则需要进一步评价是继续打捞筛管,还是注水泥塞转为套管开窗侧钻。建立如下公式:

$$R(T_1 + T_3) + F_1 = R(T_1 + T_4) + F_2 \quad (3)$$

式中: $T_3$ ——裸眼侧钻方案弃井经济临界剩余工期,d; $T_4$ ——注弃井水泥塞、候凝、探顶、试压、刮管作业工期,d。

式(3)左边为弃井进行至经济工期 $T_1$ 后,未到达裸眼水泥塞侧钻条件,继续进行裸眼水泥塞侧钻方案的总投资费用,右边为弃井进行至经济工期 $T_1$ 后,转换为套管开窗侧钻方案的总投资费用。考虑到弃井进行至 $T_1$ 工期时,若转换为开窗侧钻方案,弃井只需增加注弃井水泥塞、候凝、探顶、试压、刮管作业工期,故此时弃井费用为 $R(T_1 + T_4)$ 。式(3)经转换得到如下公式:

$$T_3 = (F_2 - F_1) / R + T_4 \quad (4)$$

虽然在施工作业前,裸眼同层侧钻方案的弃井工期存在较大的不确定性,但是随着弃井作业进行至 $T_1$ 时,根据已进行的打捞筛管情况,基本可以确定剩余弃井工期的取值,当剩余弃井工期大于 $T_3$ 时,则转换为套管开窗侧钻方案费用更低,反之,当剩余弃井工期小于 $T_3$ 时,则继续进行裸眼水泥塞侧钻方案更为经济。

以海1H和海2H井为例,2口井均采用修井机作业,弃井期间综合日费约45万元/d,裸眼水泥塞侧钻方案钻完井费用约1211万元,套管开窗方案弃井工期约4.5d,钻完井费用约1740万元,代入式

(2)得出裸眼水泥塞侧钻方案的弃井经济工期  $T_1$  约为 16.26 d;对于  $T_4$ ,约需要 2 d 工期,将以上参数代入式(4)可得到  $T_3$  取值约 13.76 d。

### 2.3 影响因素分析

通过式(1)~(4)可以看出,优选作业方案需要确定的经济工期  $T_1$ 、经济剩余临界工期  $T_3$  与  $R$ 、 $F_1$ 、 $F_2$ 、 $T_2$ 、 $T_4$  等参数有关。对于弃井作业的综合日费  $R$ ,主要影响因素是作业机具,即平台钻修机作业、钻修机+支持平台作业还是钻井平台作业;对于裸眼侧钻方案钻完井费用  $F_1$ ,主要影响因素为作业机具,涉及到工期与综合日费;对于套管开窗侧钻方案弃井工期  $T_2$ ,主要影响因素为井内管柱生产管柱类型与井深;对于注弃井水泥塞、候凝、探顶、试压、刮管作业工期  $T_3$ ,主要影响因素为井深。可以看出,在作业机具选定的条件下,以上参考均可以明确的得出。

而对于套管开窗侧钻方案钻完井费用  $F_2$ ,在钻完井方案不同的情况下,变化较大。可供选择的钻完井方案如下<sup>[7-8]</sup>:

方案一:  $\varnothing 215.9$  mm 井眼钻至着陆井深,下  $\varnothing 177.8$  mm 尾管,固井,  $\varnothing 152.4$  mm 井眼钻至完钻井深,裸眼完井,此方案为目前渤海常用方案,技术较为成熟,但费用较高。

方案二:  $\varnothing 215.9$  mm 井眼钻至完钻井深,下  $\varnothing 177.8$  mm 尾管,固井,套管射孔完井,此方案钻井可一趟钻完成,成本低,适用于水平段钻遇大段泥岩及水淹情况严重的井,可避免防砂管柱在泥岩段遇卡的情况,同时可以避免泥岩及水淹严重井段射孔,改善生产效果,但套管射孔完井的费用比裸眼完井高。

方案三:  $\varnothing 215.9$  mm 井眼钻至完钻井深,非储层段采用裸眼封隔器实现油水及泥岩封隔,储层段采用优质筛管完井,此方案成本低,但是油水及泥岩封隔有效性无法评估。

方案四:  $\varnothing 215.9$  mm 井眼钻至完钻井深,防砂固井一体化,下层充填,上层固井,此方案作业时间短,上层固井对油层或泥岩层封隔性好,成本低,但适用范围相对小,需选择匹配的地层。

方案的选择要充分考虑到地质条件,并非费用最低就一定是最优方案。渤海油田有些井在投产仅两年时间就出现侧钻需求,原因是原水平段钻遇大段泥岩,防砂管柱未下到位,导致低效生产。另外,

由于注水井的影响,部分生产井含水较高,也有侧钻的需求。尽管有些方案初次钻完井费用低,但是生产周期及后期侧钻的成本也当考虑。

以作业机具为例,若 2 口井采用钻井平台进行弃井与钻完井作业的方式,则弃井期间综合日费约 85 万/d,裸眼水泥塞侧钻方案钻完井费用约 1420 万元,套管开窗方案弃井工期约 4 d,钻完井费用约 2050 万元,代入式(2)得出裸眼水泥塞侧钻方案的弃井经济工期  $T_1$  约为 11.40 d;对于  $T_4$ ,约需要 2 d 工期,将以上参数代入式(4)可得到  $T_3$  取值约 9.40 d。

### 3 结语

(1)弃井工期的长短是决定同层侧钻井经济侧钻方式的重要因素,跟踪作业过程可以将设计阶段无法预知的因素逐渐转化为可以预知的因素,侧钻方案决策流程,可以指导现场是否改变侧钻方式。

(2)不同的钻完井方案对套管开窗侧钻的经济工期影响较大,要结合实际的地层情况,首先推荐出最适合的方案,然后在此基础上确定经济工期及经济临界剩余工期,便于指导现场方案的调整。

(3)由于海上作业日费较高,现场阶段临时调整作业方案,需要等待工具上平台的时间,会造成一定的费用增加,若是打捞工艺能够得到优化,形成一套工期比较明确的方案,便于优选出最优方案,对于降低作业成本更有利。

(4)防砂固井一体化等技术能够降低套管开窗侧钻费用,但技术并不成熟,还需要进一步进行研究,以便于将来能在不同的地层中进行应用。

### 参考文献:

- [1] 赵少伟,范白涛,杨秋荣,等.海上油气田低效井侧钻技术[J].船海工程,2015,44(6):144-148.
- [2] 赵少伟,范白涛,岳文凯,等.海上高效侧钻小井眼水平井钻完井技术研究及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(3):13-18.
- [3] 罗鸣,顾纯巍,杜威.半潜式钻井平台水平井裸眼侧钻技术[J].石油钻采工艺,2014,36(3):20-22.
- [4] 叶金胜,郝金克,贾庆升,等.胜利油田水平井防砂管柱打捞技术[J].石油机械,2002,30(9):40-42.
- [5] 陈建庆,章桂庭.裸眼水平井防砂管内冲砂技术探讨[J].石油天然气学报,2013,35(5):131-133.
- [6] 韩耀图,林家显,谢涛,等.渤海油田水平砾石充填井防砂管柱打捞技术的应用[J].中外能源,2016,21(5):58-62.
- [7] 王晓鹏,韩耀图.渤海油田低效井侧钻技术应用前景分析[J].非常规油气,2015,2(5):60-65.
- [8] 王允海,和鹏飞,万祥,等.渤海 152.4 mm 小井眼长裸眼段筛管完井技术[J].石油化工应用,2016,35(5):27-29.