

◆钻井完井◆

doi:10.3969/j.issn.1001-0890.2011.04.009

新疆油田浅层稠油水平井分段完井管柱下入技术

刘辉¹, 李黔¹, 尹虎¹, 钟守明², 黄建智³

(1. 西南石油大学石油工程学院, 四川成都 610500; 2. 中国石油新疆油田分公司勘探开发研究院, 新疆克拉玛依 834000; 3. 中国石油青海石油管理局井下作业公司, 青海格尔木 816000)

摘要:新疆油田稠油油藏具有埋深浅、储层结构复杂、地层非均质程度高等特点。为提高稠油资源的开发效率, 在浅层稠油水平井中引入了分段完井技术。介绍了浅层稠油水平井分段完井施工工艺, 分析了新疆油田浅层稠油水平井分段完井管柱下入的技术难点。在此基础上, 建立了浅层稠油水平井分段完井管柱下入过程中的摩阻计算模型, 并推导出了计算摩阻力的具体公式。建立的摩阻计算模型在新疆油田 9 口稠油水平井分段完井中进行了应用, 用计算得到的摩阻力指导管柱下入, 结果 9 口水平井分段完井管柱均一次准确下至设计井深, 下入成功率 100%。

关键词:浅层稠油油藏 水平井 分段完井 管柱

中图分类号:TE257 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0890(2011)04-0044-04

Segmented Completion String Running Technology of Shallow Heavy Oil Horizontal Well in Xinjiang Oilfield

Liu Hui¹, Li Qian¹, Yin Hu¹, Zhong Shouming², Huang Jianzhi³

(1. College of Petroleum Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu, Sichuan, 610500, China; 2. Exploration and Development Institute, Xinjiang Oilfield Branch, CNPC, Kalamayi, Xinjiang, 834000, China; 3. Downhole Operation Company, Qinghai Petroleum Administration, CNPC, Geermu, Qinghai, 816000, China)

Abstract: Formations in Xinjiang Oilfield have the characteristics of shallow depth, complex reservoir structure and high degree of heterogeneity. In order to improve the development efficiency of heavy oil reserves, Xinjiang Oilfield has introduced the segmented completion technology in shallow heavy oil horizontal well. This paper introduced this technology and analyzed the technical difficulties of running completion string. In addition, friction calculation model was established. This model was applied in 9 heavy oil horizontal wells of Xinjiang Oilfield to calculate the friction before running string with aimed at guiding the string running. The results demonstrated that all the segmented completion strings in these 9 wells are precisely run to the designed depth with one-time and success rate is 100%.

Key words: shallow formation; heavy oil reservoir; horizontal well; segmented completion; pipe string

新疆油田稠油油藏水平井分段完井过程中, 分段完井管柱能否安全下入直接关系到分段完井工艺的顺利实施^[1-3]。新疆油田浅层稠油水平井垂深浅, 位垂比较大, 分段完井管柱结构复杂, 管柱与井壁的间隙小, 地层非均质程度高, 下入过程中摩阻力大, 井口大钩载荷余量较小, 仅靠管柱自身重力实现顺利下入风险很大^[4]。因此, 在分段完井管柱入井之前, 分析管柱下入过程中的摩阻力、优化管柱结构、

完善工程技术措施, 对实现分段完井管柱的顺利下入具有重要作用。

收稿日期:2011-03-18; 改回日期:2011-05-28。

作者简介:刘辉(1987—),男,四川自贡人,2010年毕业于西南石油大学石油工程专业,在读硕士研究生。

联系方式:15882067525,swpuamazing@163.com。

基金项目:国家重大科技专项项目“煤层气钻井工程技术及装备研制”(编号:ZX200805036)资助。

1 分段完井工艺及管柱下入难点

1.1 浅层稠油水平井分段完井工艺

浅层稠油水平井分段完井可达到提高蒸汽注入效率、扩大蒸汽在储层中的波及范围、最终实现提高稠油油藏采收率的目的。

新疆油田的浅层稠油水平井多采用三开井身结构:一开采用 $\phi 444.5\text{ mm}$ 钻头钻进, $\phi 339.7\text{ mm}$ 表层套管下至造斜点上端20 m左右;二开采用 $\phi 311.1\text{ mm}$ 钻头钻进, $\phi 244.5\text{ mm}$ 技术套管下至A点;三开采用 $\phi 215.9\text{ mm}$ 钻头钻至水平段B点,下入分段完井管柱^[5]。图1为浅层稠油水平井分段完井管柱下至设计井深时的井身结构示意图。

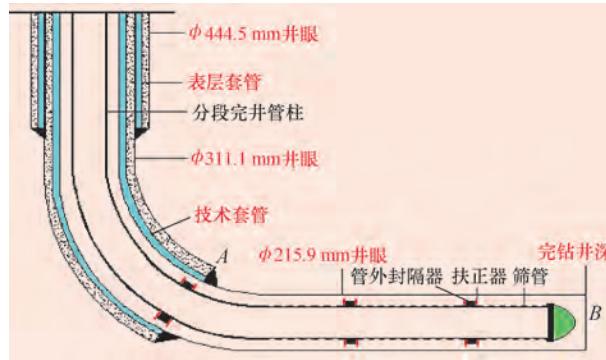


图1 分段完井井身结构示意

Fig. 1 The schematic diagram of well of segmented completion

1.2 完井管柱下入技术难点

1) 新疆油田浅层稠油水平井位垂比较大,平均位垂比可以达到3.15。

2) 狗腿严重度大,最大狗腿严重度达到了 $16.25^\circ/30\text{m}$,摩阻力非常大。

3) 分段完井管柱的最大外径为200.0 mm,与井壁的间隙仅15.9 mm,非常小。

4) 管柱中有管外封隔器、扶正器和筛管等部件,管柱结构复杂。

5) 在分段完井管柱下入过程中,井口大钩载荷余量较小,甚至为负值,分段完井管柱仅靠自身的重力很难完全克服摩阻力下至设计井深。

2 完井管柱下入摩阻计算

2.1 计算模型的建立

假设在分段完井管柱下入过程中,管柱与井

壁为刚性连续接触,下入速度均匀,管柱轴线与井眼轴线一致;管柱所受重力、正压力、摩阻力均匀分布;计算管柱微元段为空间斜平面上的一段圆弧^[6]。浅层稠油水平井井眼轨迹曲线如图2所示,从井眼轨迹曲线中取一微元段进行受力分析,如图3所示。

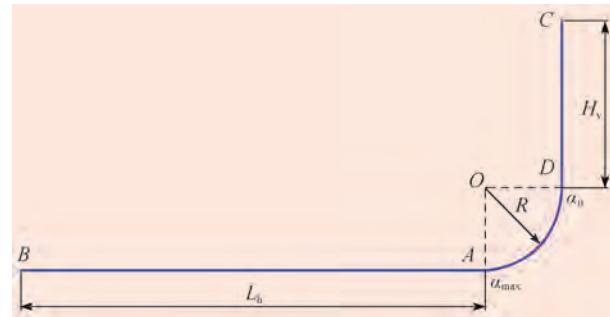


图2 浅层稠油水平井井眼轨迹曲线

Fig. 2 Well trajectory of horizontal well in shallow heavy oil reservoir

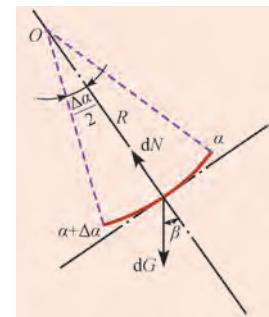


图3 分段完井管柱微元段受力分析

Fig. 3 Stress analysis of segmented completion string

2.2 计算模型求解

根据所建立的分段完井管柱微元段模型,按照管柱匀速下入过程中受力平衡条件列方程。微元段正压力为:

$$dN = \omega g \Delta s \cos \beta \quad (1)$$

对式(1)两端求积分,得到由管柱自重产生的井壁支撑正压力计算公式为:

$$\begin{aligned} N &= \int_{a_0}^{a_{\max}} \omega g \Delta s \cos \beta \, da \\ &= \omega R g \int_{a_0}^{a_{\max}} \cos(\alpha_{\max} - \alpha) \, da = \omega R g \end{aligned} \quad (2)$$

假设完井管柱与井壁之间的摩擦因数为 f ,则产生的摩阻力大小为:

$$F_f = fN = f\omega R g \quad (3)$$

式(1)–(3)中: dN 为微元段正压力, N ; w 为单位管柱长度的平均质量, kg/m ; g 为新疆油田的重力加速度, m/s^2 ; R 为曲率半径, m ; $\beta = \alpha_{\max} - \alpha - (d\alpha)/2 \approx \alpha_{\max} - \alpha$; α_{\max} 为最大井斜角, ($^\circ$)。

3 现场应用

3.1 摩阻分析

2009 年, 新疆油田 9 口浅层稠油水平井先后采用了分段完井工艺。在 9 口井完井管柱入井之前, 对下入过程中管柱所受的摩阻力进行了分析计算(计算过程中摩擦因数 f 取新疆油田实钻过程中的统计值), 井口大钩载荷预测结果如图 4 所示。

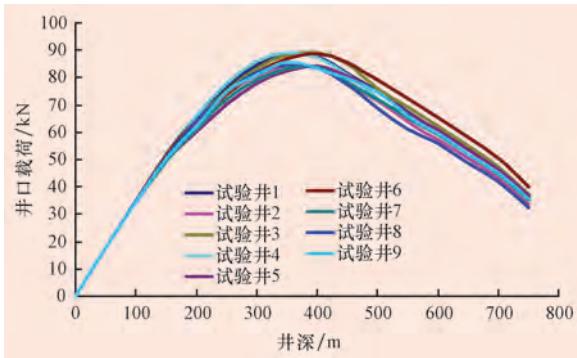


图 4 分段完井管柱下入过程中 9 口井的井口载荷预测

Fig. 4 The predicted wellhead load during running in segmented completion string of the well

由图 4 可知, 井口大钩载荷余量为 30~40 kN。由于建立的摩阻计算模型具有一定的条件性, 预测的井口大钩载荷余量与工程实际可能存在一定差异, 因此, 为确保分段完井管柱的顺利下入, 需要对管柱下入过程中的技术措施进行完善。

3.2 管柱下入时工程技术措施的完善

1) 优化设计了分段完井管柱结构, 在完井管柱端部设计了滚动引鞋, 引导完井管柱下入; 其次, 在管外封隔器两端设计了滚轮扶正器, 将滑动摩擦变为滚动摩擦, 减小了管壁与井眼之间的摩阻力, 也起到了提高管柱居中度和保护管外封隔器密封胶筒的作用。

2) 在完井管柱入井之前用完全模拟管柱强度和刚度的专用通井工具进行通井, 对缩径、遇阻、遇卡及全角变化率超标井段进行划眼或短程起下钻, 做到通井全过程下钻顺畅, 无阻卡。

3) 通井到底后, 边循环边调整钻井液性能, 使钻井液性能稳定在正常钻进时的水平, 然后以正常钻进时的排量循环洗井两周。

4) 在分段完井管柱和井眼准备结束后下入管柱, 在管柱下入过程中筛管内要随时注满钻井液, 以免因外挤压力过高造成钻井液中的泥、砂堵塞筛管筛缝或孔眼; 操作要平稳, 严禁猛提猛放, 要有专人记录悬重, 并与井口预测载荷进行对比, 指导管柱下入作业。

现场应用结果表明, 在采取完善的工程技术措施后, 井口大钩载荷余量有明显提高。图 5 为实际下入过程中井口载荷与预测载荷的对比。

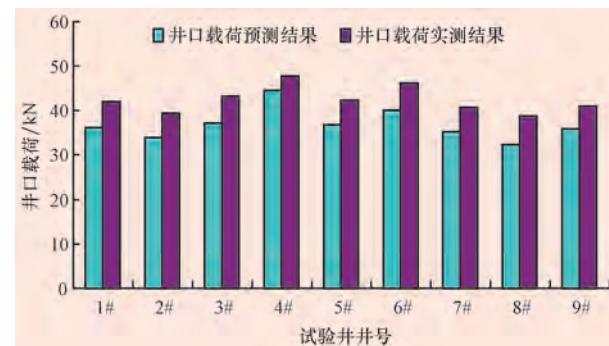


图 5 井口载荷预测结果与实测结果对比

Fig. 5 The comparison between predicted and measured result of wellhead load

由图 5 可知, 由于摩擦因数 f 的选取具有不确定性, 因此预测结果与实测结果有一定的误差, 但是 9 口稠油水平井在进行了管柱结构优化并采取完善的管柱下入措施后井口载荷提高了大约 20 kN, 实现了分段完井管柱一次准确下至设计井深, 且下入后管柱各部件状况良好, 为后期的注汽采油作业奠定了基础。

4 结 论

1) 管柱与井壁摩擦引起的摩阻力是影响分段完井管柱在新疆油田浅层稠油水平井中安全下入的主要因素。

2) 建立了适合于新疆油田浅层稠油水平井分段完井管柱下入的摩阻计算模型, 利用该模型对 9 口稠油水平井进行了摩阻分析。预测结果表明, 分段完井管柱的下入存在一定风险。

3) 通过完善工程技术措施, 保证了分段完井管柱的顺利下入, 9 口浅层稠油水平井的分段完井管柱全部一次准确下至设计井深, 下入成功率达

到 100%。

参 考 文 献

- [1] 赵金洲,韩来聚,唐志军.高平1井大位移水平井钻井设计与施工[J].石油钻探技术,2010,38(6):29~32.
Zhao Jinzhou, Han Laiju, Tang Zhijun. Design and drilling of Gaoping 1 ERD Horizontal Well[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2010, 38(6): 29~32.
- [2] 赵金洲,孙启忠,张桂林.胜科1井钻井设计与施工[J].石油钻探技术,2007,35(6):5~9.
Zhao Jinzhou, Sun Qizhong, Zhang Guilin. Design and implementation of Well Shengke-1[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2007, 35(6): 5~9.
- [3] 李作宾.TasW-1井钻井复杂情况处理技术[J].石油钻探技术,2010,38 (2):46~48.
Li Zuobin. Well TasW-1 complicated condition treatment tech-
- nique [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2010, 38 (2): 46~48.
- [4] 范志国,尹国栋,鱼永云,等.浅层稠油水平井轨迹控制及套管柱下入技术[J].石油钻采工艺,2006,28(4):14~16.
Fan Zhiguo, Yin Guodong, Yu Yongyun, et al. Shallow horizontal well technology of trajectory control and casing string running for heavy oil field [J]. Oil Drilling & Production Technology, 2006, 28(4): 14~16.
- [5] 李克向.钻井手册(甲方)[M].北京:石油工业出版社,1990:21~23.
Li Kexiang. Drilling handbook (Party A) [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1990: 21~23.
- [6] 眭满仓,孟坤六,杜镰.水平井管柱下入摩阻分析及应用[J].石油机械,1999,27(2):5~8.
Sui Mancang, Meng Kunliu, Du Lian. Analysis of friction on drill string in horizontal drilling [J]. China Petroleum Machinery, 1999, 27(2): 5~8.

关于稿件的几点要求

为了方便石油工程界的技术及管理人员投稿,并进一步加快稿件处理速度,缩短论文发表周期,从 2008 年 12 月 1 日起,本刊网上投稿审稿系统(在线办公系统)正式启用。现对所投稿件提出几点要求,请广大作者理解和支持。

- 1) 文章题目力求简洁、明了、切实。作者署名一般不超过 5 人,其余人员可以附言形式注明。将文章题目、作者姓名及所在单位名称译成英文。
- 2) 摘要 300~500,反映文章的主要论点和结论等,并译成英文。
- 3) 初选 3~5 个关键词。
- 4) 正文一般不超过 8 000 字。要求:主题突出,层次清楚;文字精炼,语句通顺;数据准确,文责自负。公式符号应分清语种、大小写、上下角、正斜体,易混淆的要注明,建议使用公式编辑器。图表要有中英文的表名和图名。
- 5) 参考文献请按照国家标准《GB 7714—2005 参考文献著录格式》(该标准可以从网上下载)可以要求著录,中文参考文献著录成中英文对照的形式。
- 6) 作者简介包括:出生年份,性别,籍贯,毕业(进修)时间及学校、专业,主要经历、成就及现任职务。
- 7) 本刊编辑部不鼓励一稿两投,但严禁一稿多发,一旦发现,会影响投稿者的信誉,将很难再在本刊刊发论文。
- 8) 请注明联系人详细通讯地址、电话(包括手机)、电子信箱等信息(论文最后注明)。
- 9) 请从网上投稿,本刊网站:<http://www.syzt.com.cn>;联系电话:010-84988356,84988357,84988317;联系邮箱:syzt@vip.163.com。
- 10) 如果稿件内容为自然科学基金、863、973、省部级以上科研项目,请务必在文章最后注明项目名称及编号。

《石油钻探技术》编辑部

曙古 165 井——我国第一口试油获得工业油流的泥岩油井

近日,辽河油田在曙古 165 井 2 704.00~2 748.70 m 泥岩裂缝井段进行试油,获得自喷工业性油气流。该井日产油最高达到 24.0 m³;目前用 φ6.0 mm 油嘴求产,产油能力稳定在 9.4 m³/d 左右。曙古 165 井为我国第一口试油成功的泥岩油井。