

∅149.3 mm 钻杆高强度接头数值分析^{*}

兰洪波¹ 高德利² 张国辉³

(1.中海油田服务股份有限公司技术中心 2.中国石油大学·北京 3.中国石油勘探开发研究院)

兰洪波等. ∅149.3 mm 钻杆高强度接头数值分析. 天然气工业, 2008, 28(9): 67-68

摘要 大位移井、深水井和超深井钻井中∅149.3 mm 钻杆旋转台肩接头不能满足 API 标准高抗扭矩的要求,限制了∅149.3 mm 钻杆性能的发挥。为了充分发挥∅149.3 mm 钻杆的性能,基于有限单元法理论,根据钻杆接头轴对称的特点,将三维问题简化为二维问题,设计了一种新型∅149.3 mm 钻杆双台肩接头,使用 ANSYS 软件模拟近似分析接头螺纹在各种情况下的强度,再与∅139.7 mm 接头对比,验证其高抗扭矩的性能。通过 ANSYS 模拟计算,证明了∅149.3 mm 钻杆双台肩接头的高抗扭性能,能够满足现场的应用。

关键词 大位移井 超深井 钻杆接头 螺纹连接 数值分析

前人在研究分析钻杆接头螺纹的载荷分布规律和强度时,一般只考虑了预紧扭矩,拉伸载荷,内外压等几种简单载荷情况,或者是将每对接触螺纹简化成3个点一点接触对来进行计算,不能精确描述接头螺纹载荷分布规律。新型∅149.3 mm 钻杆螺纹接头结构非常复杂,在有限元分析时如果模型过于简化,则模拟计算的结果不会精确,故笔者分析在复杂情况作用下,接头结构对接头强度的影响。

一、有限元方程

利用接头轴对称结构的特点,将三维问题简化为二维问题。在实际使用中,内、外螺纹在预紧后发生轴向变形^[1-8],故可将预紧扭矩和扭矩简化为轴向载荷;根据材料力学,取最大弯矩截面,可将弯矩简化为轴向拉应力和压应力。因此,笔者主要讨论将各种载荷简化为轴向载荷并叠加后对各种接头的作用。扭矩使公、母接头螺纹和台肩之间产生相互的滑动摩擦作用,摩擦力产生的扭矩与施加在钻杆接头上的扭矩相平衡。假设公、母接头螺纹和台肩之间的正向接触应力为 N ,钢与钢之间的摩擦系数为 0.15,则可以得到以下关系式:

$$T = \int_{r_1}^{r_2} 2\mu\pi Nr^2 dr$$

式中: T 为扭矩; μ 为摩擦系数; N 为公、母接头螺纹

和台肩之间的正向压应力; r_1 为公接头螺纹小端半径; r_2 为公接头螺纹大端半径。

二、建立模型

1. 实体模型

应用美国大型通用有限元分析软件 ANSYS 进行数值模拟。为了研究∅149.3 mm 钻杆接头结构对其强度的影响,笔者建立了6种双台肩结构的接头模型:∅139.7 mm API 标准接头、∅149.3 mm 标准接头、∅149.3 mm 多螺纹接头、∅149.3 mm 锥度大接头、∅149.3 mm 换扣型接头和∅149.3 mm 接头(外径∅177.8 mm,内径∅107.3 mm)。

2. 有限元模型

在保证求解精度的条件下,为了简化计算,对接头采用 Plane82 轴对称单元进行扫掠网格划分,然后采用三角形单元对接触表面划分接触单元,模型如图1所示。



图1 接头模型图

三、数值模拟研究

为了比较全面地了解在不同载荷情况下,接头

^{*} 本文为中海石油“深水勘探钻井施工设计及方案优化研究”项目的研究成果。

作者简介: 兰洪波, 1977年生, 工程师, 硕士; 2005年毕业于中国石油大学(北京)石油天然气工程学院油气工程专业; 从事井下石油工具开发研究工作。地址: (065201)北京市东燕郊开发区海洋石油机电设备研究所。电话: (010)84523149。E-mail: lanhb@cnoocs.com

不同结构对其强度的影响规律,笔者设定了5种载荷情况,图2、3为在某种载荷情况下,公、母接头螺纹载荷分布情况。

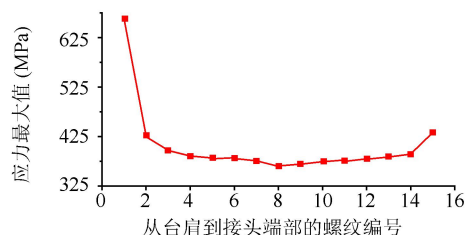


图2 母接头螺纹的载荷分布图

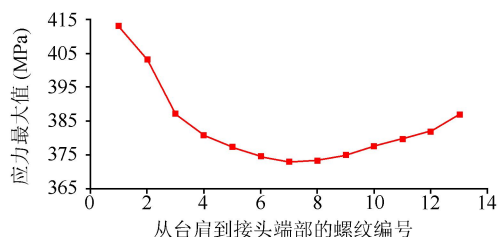


图3 公接头螺纹的载荷分布图

载荷情况:①预紧扭矩;②预紧扭矩+轴向压力+内外压力;③预紧扭矩+轴向压力+内外压力+扭矩;④预紧扭矩+轴向压力+内外压力+弯矩压应力+扭矩;⑤预紧扭矩+轴向拉力+弯矩拉应力。

从模拟计算结果可以看出:

(1)各种类型接头螺纹根部应力集中非常明显,靠近台肩的几个螺纹和接头端部螺纹所承受的载荷很大,在中间的螺纹所承受的载荷较小。

(2)各种 $\varnothing 149.3$ mm 双台肩接头螺纹根部 Mises 应力值都比 $\varnothing 139.7$ mm 接头的小,说明了双台肩结构能够提供更好的抗扭和抗轴向载荷的能力。在载荷情况 d 作用下, $\varnothing 139.7$ mm 钻杆母接头根部进入塑性变形。

(3)4种内外径相同的 $\varnothing 149.3$ mm 接头($\varnothing 203.2$ mm OD, $\varnothing 88.9$ mm ID)对比:①螺纹扣数越多其抗扭和抗轴向载荷的能力越强。②在载荷情况 e 作用下, $\varnothing 149.3$ mm 标准公、母接头螺纹根部 Mises 应力最大值都是最小,这说明了螺纹离台肩越近承受的拉应力越大。适当改变螺纹与台肩的距离,可以改善螺纹的载荷分布。③在保持接头内外径不变的情况下,如果公接头锥度增大,则公接头螺纹根

部 Mises 应力最大值明显降低,说明公接头的抗扭和抗轴向载荷的能力增强。④扣型为 V-0.050 的 $\varnothing 149.3$ mm 接头比扣型为 V-0.038R 的 $\varnothing 149.3$ mm 接头的抗扭和抗轴向载荷的能力差,说明采用螺纹高度较低的扣型,可以使螺纹根部的应力集中得到明显改善。

四、结 论

(1)建立了 $\varnothing 149.3$ mm 高强度钻杆接头有限元分析模型。用该模型求解的结果与钻杆实际情况相吻合,误差小,精度高,证明所提出的模型及其求解结果正确可信。

(2)通过对模型的求解,对 $\varnothing 149.3$ mm 高强度钻杆接头不同结构及不同载荷作用等各参数之间的关系进行了深入细致的研究,找出了各参数之间的变化规律,这些研究对钻杆接头的设计及现场施工作业具有重要的指导意义。通过模拟研究得知,螺纹扣数、螺纹高度及螺纹锥度及台肩数对钻杆接头强度影响的关系。因此,在设计高强度钻杆接头时,一定要综合考虑这些因素,只有这样,才能达到设计要求。

参 考 文 献

- [1] 王新虎. 钻具螺纹接头螺纹牙载荷计算方法的探讨[J]. 石油机械, 1998, 26(8): 49-52.
- [2] 林元华, 施太和. 钻柱螺纹接头力学性能研究[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.
- [3] 李润方, 林腾胶. 石油钻杆连接螺纹弹塑性接触有限元分析[J]. 石油矿场机械, 1998, 27(6): 44-46.
- [4] 李黔, 冯少波. 轴向载荷对套管螺纹连接应力的影响分析[J]. 西南石油学院学报, 2002, 24(1): 81-83.
- [5] 陈小榆. 井底漫流场数值模拟研究[J]. 西南石油学院学报, 2002, 24(1): 84-86.
- [6] 王林, 石晓兵. 海洋深水钻井锚链的动力特性探讨[J]. 西南石油学院学报, 2004, 26(5): 24-26.
- [7] 易浩, 唐波. 考虑接头的钻柱摩阻扭矩分析[J]. 西南石油学院学报, 2006, 28(4): 85-89.
- [8] 陈勇, 练章华. 钻铤母扣接头改进设计的有限元分析[J]. 西南石油学院学报, 2006, 28(6): 91-93.

(收稿日期 2008-05-07 编辑 钟水清)