

基于 ANSYS 绳索取心钻杆和连接接头的应力分析

崔成民^{1,2}, 梅冬²

(1. 两江工业大学地质系, 朝鲜 惠山; 2. 中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:对绳索取心钻探施工的工况进行了分析,利用 ANSYS 软件对绳索取心钻杆以及连接接头的应力状态进行了三维模拟,提出了不同工况条件下,钻杆柱最大应力出现的位置。所得的结论对预防钻杆折断事故、优化接头螺纹设计、确定合理钻进参数有一定的参考意义。

关键词:绳索取心钻杆;接头;折断事故;应力分析

中图分类号:P634.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2014)04-0061-03

Analysis on the Stress on Wire-line Core Drilling Pipe and Connection Joint Based on ANSYS/CHUI Cheng-min¹, MEI Dong² (1. Department of Geosciences, Lyanggang Industry University, Lyanggang DPRK; 2. School of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China)

Abstract: The working situation of wire-line core drilling is analyzed and three-dimensional simulation are made on the stress states on wire-line core drilling pipe and connection joint based on ANSYS. Through the numerical simulation, the position of maximum stress on the drilling pipe in different working conditions is presented, which have certain reference value to prevent drilling pipe breaking, optimize the design of connection joint thread and determine reasonable drilling parameters.

Key words: wire-line core drilling pipe; connection joint; accident of drilling pipe breaking; stress analysis

0 前言

目前,使用绳索取心技术进行钻探取心的工作越来越多,除地质岩心勘探外,还在水文地质勘探、石油天然气钻探、工程地质勘查等领域有着广泛的应用。据记录,在使用绳索取心钻杆钻探过程中,钻杆折断事故频繁发生,在某个地质队近 3 年中,就发生了 60 次的钻杆折断事故。

钻进过程中钻杆柱承受着大小和方向经常变化的拉力、压力、弯曲力、扭转力、振动力等交变荷载的作用,还有钻具回转时钻杆柱与孔壁之间的摩擦力的作用和处理事故时强力冲击振动等。因此,一个柔性体运动的钻杆柱处于非常复杂的工作当中。

研究分析,钻杆柱折断的主要原因有钻杆本身质量问题、孔径级配不合理、弯曲应力的增加而引起的疲劳破坏等。在复合交变应力作用下螺纹牙底部容易萌生疲劳裂纹,疲劳裂纹在循环应力和腐蚀作用下扩展,直至断裂。据相关理论研究表明,钻杆柱危险断面是在接头连接螺纹处,钻杆失效大多是因为接头磨损后胀开并发生脱扣、公螺纹根部发生断裂、母螺纹过早磨损及产生纵向裂纹等原因引起的。因此,对绳索取心钻杆柱整体和折断部位进行应力分析,对于预防断钻事故及选择合理钻进参数具有重要的意义。

本文在假设孔径级配合理和钻杆质量良好的条件下,利用 ANSYS 软件对 $\varnothing 71$ mm 绳索取心钻杆和连接接头部位进行了三维模拟分析。

1 钻进过程中钻杆柱的应力分析

1.1 钻杆柱的工况

将钻杆看作一个弹性直管,孔深 1500 m,加厚绳索取心钻杆外径 71 mm,钻机功率 40 kW,转速 400 r/min,钻压 8000 N,利用 ANSYS 软件考察整个钻杆柱的应力状态。

1.2 模型建立和边界条件

钻杆模型比较简单,先创建节点,然后通过节点直接生成单元。根据单元特性,选取弹性直管单元 PIPE288 来模拟钻杆柱。

模拟中不考虑钻杆柱弯曲应力的影响、钻井液对钻杆柱的影响、钻杆和孔壁的摩擦及温度影响等。

把整体钻杆柱看作一个弹性直管时的单元参数有:绳索取心钻杆的弹性模量为 $(1.96 \sim 2.06) \times 10^{11}$ Pa;泊松比为 0.24 ~ 0.28;密度 7.81 kg/cm^3 。

对整体钻杆柱有限元模型的约束及边界条件,采用钻杆顶部约束,对钻杆底部施加轴向力和阻力矩,大小分别等于钻压和钻杆柱底部扭矩。这样,钻杆顶部的约束反力就是对钻杆施加的轴向力和转盘扭矩,

收稿日期:2014-03-03; 修回日期:2014-04-01

作者简介:崔成民(1975-),男(朝鲜族),朝鲜人,朝鲜两江工业大学副教授、中国地质大学(武汉)高级进修生,钻探工程专业,从事岩石破碎教学和科研工作,csml975618@163.com。

对钻杆底部只允许轴向移动和转动。由于1500 m钻杆柱的悬重很大,采用减压钻进的方法。这时,钻杆柱上部受到115000 N的拉力和955 N·m的转盘扭矩,而下部受到8000 N的压力和92 N·m的阻力矩。

1.3 整体钻杆柱的应力状况

使用ANSYS软件对整体绳索取心钻杆柱建立有限元模型进行模拟计算。在拉、压与扭力作用下,钻杆柱的应力分布如图1所示。

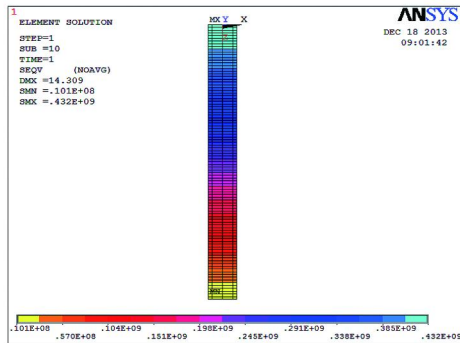


图1 整体绳索取心钻杆柱的应力分布

从图1整体绳索取心钻杆柱的应力分布云图可以得出,在减压回转钻进过程中 $\varnothing 71$ mm加厚绳索取心钻杆柱孔口处所受的应力最大(其应力为432 MPa),随着距离孔口距离的增加而逐渐减小。在距孔口1475 m处应力最小(其应力为10.1 MPa)。

图1中显示的最大、最小应力为复合应力,是选用第四强度理论(即“Von. Mises”准则)计算的结果。

在所提供的条件下,绳索取心钻杆柱最大复合应力部位是孔口处,在这里钻杆柱折断危险最大的地方是钻杆连接的接头部位。根据对整个绳索取心钻杆柱的应力分析,以钻杆柱第一个立根和连接接头为研究对象。

2 绳索取心钻杆和连接接头的应力分析

2.1 建立几何模型和有限元模型

绳索取心钻杆螺纹实体模型和有限元模型如图2、图3所示。

为了建立 $\varnothing 71$ mm加厚绳索取心钻杆螺纹有限元模型,利用SOLID45单元进行实体的三维网格划分,利用TARGE169,CONTA172进行接触面的网格划分。

2.2 钻杆连接螺纹应力分析

连接接头的弹性模量 2.06×10^{11} Pa;泊松比0.25~0.3;密度 7.82 kg/cm^3 ;摩擦系数0.15。

在起下钻时,对连接的钻杆和接头作用的力如图4所示。右上方表示约束力,左下方表示轴向力。

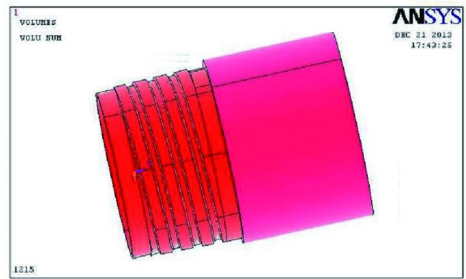


图2 绳索取心钻杆螺纹实体模型

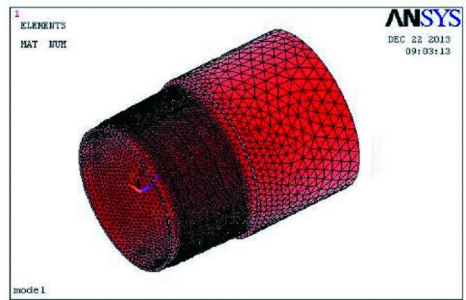


图3 绳索取心钻杆螺纹有限元模型

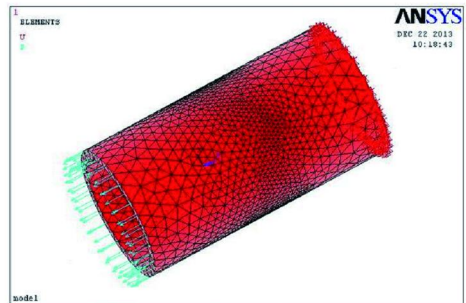


图4 起下钻时,钻杆和接头螺纹作用的力

此时,在绳索取心钻杆和连接接头进行对最大和最小应力位置的定性分析,结果如图5所示。

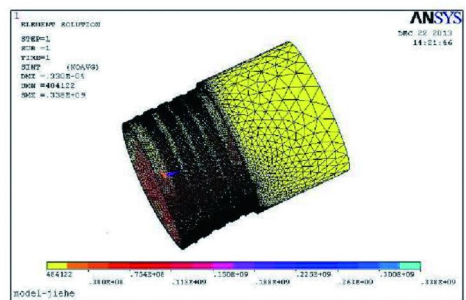


图5 起下钻时,钻杆和接头连接螺纹部位的应力分布

从图5可以知道,在钻杆和接头连接螺纹的最大拉伸应力出现在第一丝扣的丝底,最小拉伸应力出现在螺纹的端部,钻杆体的应力值比螺纹端部小得多。

在钻进过程中,绳索取心钻杆和连接接头部位的应力分布很复杂。

在一定的轴向力和转数下,连接螺纹部位的应

力分布如图 6 所示。

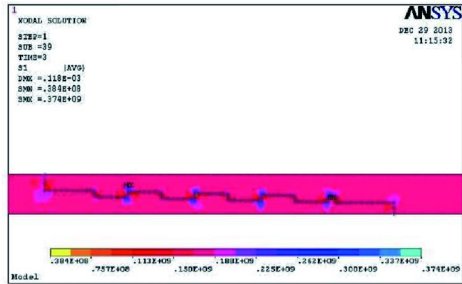


图 6 在一定的轴向力和转速下, 钻杆和接头连接螺纹部位的应力分布

为了建立绳索取心钻杆和接头连接螺纹有限元模型,利用 PLANE82 单元进行实体的二维网格划分,利用 TARGE169,CONTA171 进行接触面的网格划分。

从图 6 可以看出,很大的复合应力值出现在每个丝扣的丝底,最大复合应力值出现在第一丝扣的丝底,绝对最大值达 374 MPa。

图 7 显示了 $\varnothing 71$ mm 加厚绳索取心钻杆连接接头螺纹部位的应力状态,图 8 是每个丝扣的应力分布的变化曲线。

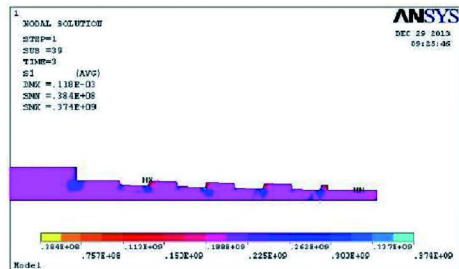


图 7 钻杆连接接头螺纹部位的应力分布状态

从图 7 可以知道,最大复合应力值出现在螺纹根部的第一丝扣的丝底,向螺纹端部逐渐减少。

从图 8 可以得出钻杆螺纹根部第一丝扣和第二丝扣的丝底的复合应力值。此时,可以知道与最大复合应力值相比,第二丝扣的复合应力值大约减少 50%。这说明钻进过程中钻杆柱折断容易的地方是钻杆螺纹根部最后一扣处。

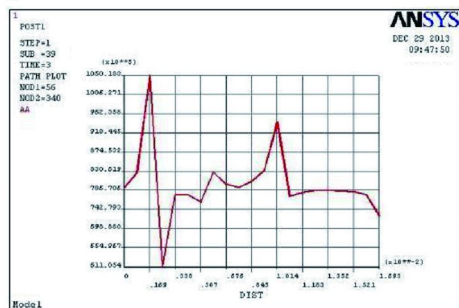


图 8 接头螺纹部位的应力分布变化曲线

在实际钻进过程中,钻杆柱除了受拉、压和扭转力外,还承受着弯曲疲劳载荷和孔径级配不合理的影响。因此,钻杆柱折断频繁的发生。据资料统计钻杆折断部位 90% 以上是在公母螺纹的根部最后一扣处,这一现象与模拟结果相符合。图 9 为现场折断的钻杆图片。



图 9 钻进过程中被折断的绳索取心钻杆

3 结论

(1)在深孔减压回转钻进时,由于绳索取心钻杆的长度太大,钻杆顶部受到的拉力非常大,在一定的扭矩作用下,最大复合应力值就出现在钻杆柱的顶部。

(2)在起下钻时,绳索取心钻杆和接头最大拉伸应力值出现在连接螺纹根部的最后一扣处,最小拉伸应力值出现在螺纹的端部。

(3)在绳索取心钻进过程中,钻杆和接头连接螺纹的最大复合应力值也出现在连接螺纹根部的最后一扣处,向螺纹端部逐渐减少。

以上分析结果,对于 $\varnothing 71$ mm 加厚绳索取心钻杆和接头连接螺纹的优化设计、合理的选择钻进参数均有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 施以仁.地质钻探常用计算[M].北京:中国铁道出版社,1985.117-133.
- [2] 骆建诗.S75 绳索取心钻杆寿命分析[A].第十七届全国探矿工程(岩土钻掘工程)技术学术交流年会论文集[C].北京:地质出版社,2013.91-95.
- [3] 吴福云.S75 绳索取心钻杆折断事故的原因分析[J].西部探矿工程,2006,(10):220-221.
- [4] 郭华明,王生楠.基于 ANSYS 的钻杆的有限元静力分析[J].航空计算技术,2010,(3):61-64.
- [5] 姜光忍,李忠,王献斌.绳索取心钻探施工中钻杆折断原因分析及应对措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(3):15-17.
- [6] 刘广志.金刚石钻探手册[M].北京:地质出版社,1991.478-483.
- [7] 王金龙,王清明,王伟章.ANSYS12.0 有限元分析与范例解析[M].北京:机械工业出版社,2010.