

φ14. 0 mm 钻齿与钻头本体齿孔的过盈分析

孟晓平¹ 董亮亮¹ 童 华¹ 王作文¹ 于小龙² 赵学峰³

(1. 西南石油大学 机电工程学院,四川 成都 610500;2. 中海石油基地集团 监督监理技术公司,天津 塘沽 300452;3. 中国石油川庆钻探工程有限公司 国际工程公司,四川 成都 610051)

摘 要:掉齿是影响空气钻井潜孔钻头寿命的主要原因之一,而钻齿与本体齿孔的安装过盈量直接影响固齿强度。通过建立 φ215. 9 mm 潜孔钻头 φ14. 0 mm 钻齿与钻头本体齿孔过盈装配的力学模型,对过盈量为 0. 040、0. 060、0. 065、0. 070、0. 075、0. 080 和 0. 100 mm 时的装配应力及本体材料的径向位移进行了模拟计算,并对钻齿施加工作载荷,检验了其固齿效果。通过分析可知:过盈量小于 0. 065 mm 时本体材料处于弹性变形状态;过盈量不小于 0. 080 mm 时,本体齿孔的应力值较大,局部接触位置超出材料的抗压强度;过盈量为 0. 065~0. 075 mm 时,既有弹性变形又存在轻微的塑性变形,此时的固齿强度能够满足实际工况的需要。考虑到塑性硬化的作用,推荐该钻头下钻齿与本体齿孔的安装过盈量为 0. 065~0. 075 mm。

关键词:气体钻井; 潜孔钻头; 钻齿; 过盈配合; 有限元法
中图分类号:TE921⁺. 1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0890(2011)02-0117-03

Interference Analysis of φ14 mm Bit Teeth and Bit Body Hole

Meng Xiaoping¹ Dong Liangliang¹ Tong Hua¹ Wang Zuowen¹ Yu Xiaolong² Zhao Xuefeng³

(1. College of Mechatronic Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu, Sichuan, 610500, China; 2. Supervision & Technology Company, CNOOC Oil Base Group Ltd., Tanggu, Tianjin, 300452, China; 3. The International Engineering Company, Chuanqing Drilling & Exploration Engineering Company Ltd., CNPC, Chendu, Sichuan, 610051, China)

Abstract: Teeth lost is one of the main reasons impacting drill bit life in gas drilling, while the interference of teeth and bit body hole directly affect their contact strength. Through establishing the mechanical model for interference assembly of φ215. 9 mm DTH bit with φ14. 0 mm drill teeth and bit body hole, the assembly stress and radial displacement for the interference of 0. 040, 0. 060, 0. 065, 0. 070, 0. 075, 0. 080 and 0. 100 mm were simulated using computer. The analysis shows that when interference fit less than 0. 065 mm, the bit body is elastic deformation; when interference fit is not less than 0. 08mm, some parts of the contact position are beyond the local compressive strength; when the interference fit is 0. 065~0. 075 mm, it can meet the requirement of setting teeth on DTH bit.

Key words: gas drilling; down-the-hole bit; bit tooth; interference fit; finite element method

空气钻井具有油层污染小、钻井速度快、钻头进尺大、原油采收率高等优势,使其在钻井工程中具有广阔的应用前景^[1-2]。空气锤潜孔钻头是空气钻井的重要破岩工具,而在钻井过程中出现钻头掉齿严重影响了潜孔钻头的工作性能和使用寿命,同时钻齿与钻头本体齿孔的安装过盈量直接影响固齿强度。过盈量太大,不但安装难度加大,而且可能将本体压溃;过盈量太小,固齿强度很低,钻头工作时易出现掉齿现象。因此,合理的过盈量是解决掉齿问题的重要途径。为此,笔者应用有限元分析技术,以 φ215. 9 mm 潜孔钻头 φ14. 0 mm 钻齿为研究对象,建立了钻齿与本体齿孔的装配模型,对不同过盈量下钻齿压入钻头本体齿孔时的装配应力及齿孔位移

进行了深入分析,并对其施加工作载荷进行检测,以期为该尺寸钻头钻齿过盈量的设计提供理论依据。

1 有限元模型

1. 1 模型的建立

在钻齿压入本体齿孔的过程中,接触面近处应

收稿日期:2010-04-30;改回日期:2011-01-19
基金项目:国家自然科学基金项目“气体钻井钻具与井壁碰摩机理及量化评价方法研究”(编号:508040480)部分研究内容
作者简介:孟晓平(1964—),女,山东济宁人,1987年毕业于东北林业大学机械设计与制造专业,高级工程师,主要从事机电一体化、电工电子技术和计算机辅助设计的教学和科研工作。
联系方式:(028)83038218, mxp@swpu. edu. cn

力变化显著,而在较远处的应力值很小,满足圣维南原理的条件,可将其简化为图1所示模型。该模型可视为凹形柱筒与轴的过盈配合,可将其继续简化为二维模型(如图2所示)^[3],这样既减小了计算量,同时也能满足计算精度的要求。

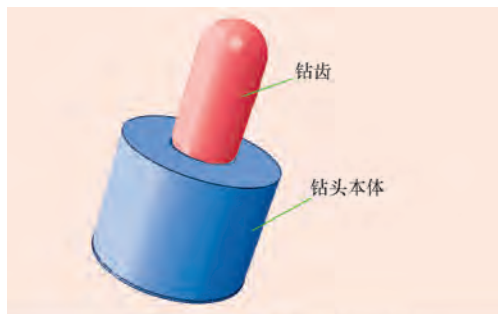


图1 钻齿与钻头本体装配模型
Fig.1 Assemble model of bit body and tooth

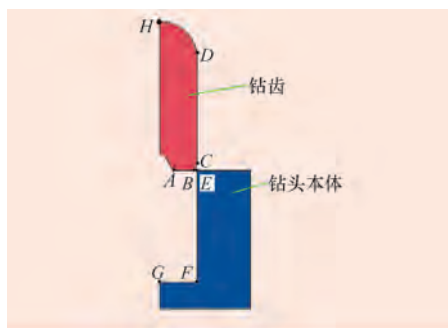


图2 轴对称图形
Fig.2 Axisymmetry finite element model

1.2 基本参数

钻头本体材料为20Ni4Mo,弹性模量 E 为 2.1×10^5 MPa,泊松比 μ 为0.3,弹性极限为1 036 MPa,抗压强度为1 496 MPa^[4];钻齿为硬质合金材料,弹性模量 E 为 6.4×10^5 MPa,泊松比 μ 为0.22,抗压强度为5 460 MPa;两者的摩擦系数为0.2。

钻齿直径为14.0 mm,孔深为21.0 mm,计算过盈量分别为0.040、0.060、0.065、0.070、0.075、0.080和0.100 mm时,齿孔的表面应力及齿孔壁的位移量。

钻齿过盈安装后,根据钻齿工作时的实际工作负载(承受钻压和扭矩),对DH面(见图2)施加1 200 N的轴向压力和1 300 N的剪切力,以此验证过盈安装后钻齿在工作载荷作用下的固齿强度。

2 模拟分析

模拟分析过程中,钻齿沿轴向逐渐进入齿孔中,先是钻齿BC(见图2,下同)上的一点与钻头本体E点接触,钻齿继续下移,直至AB面接触到GF面。

2.1 齿孔表面应力

钻齿全部压入钻头本体齿孔过盈量分别为0.065、0.075 mm时,齿孔面的应力云图见图3;钻齿全部压入钻头本体齿孔,过盈量分别为0.040、0.060、0.065、0.070、0.075、0.080和0.100 mm时的齿孔面应力如图4所示。由图3、图4可知,当过盈量为0.070 mm时,本体材料应力在弹性极限附近波动,既有弹性变形,又有塑性变形;过盈量小于0.065 mm时本体材料全部处于弹性变形阶段,过盈量大于0.075 mm时本体材料处于塑性变形阶段;过盈量达到0.080~0.100 mm时,齿孔表面的应力接近本体材料的抗压强度,过盈量为0.080 mm时的齿孔入口段和过盈量为0.100 mm时齿孔底部与倒角尖角接触段的应力均超出材料的抗压强度;倒角处的应力波动较大,改变倒角形状有利于改善齿底处的固齿状况。

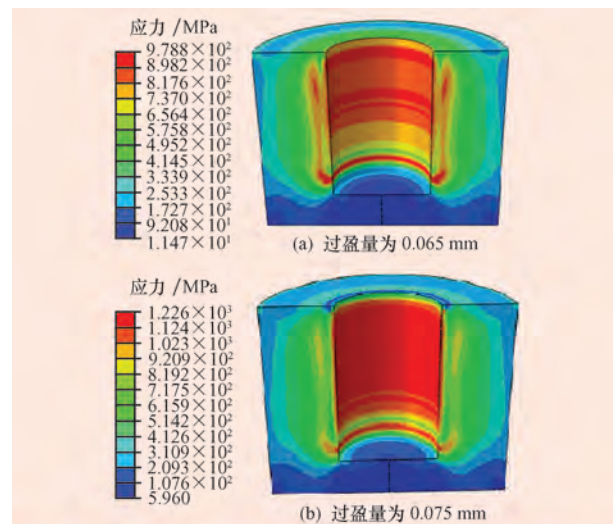


图3 过盈量分别为0.065、0.075 mm时的齿孔应力云图
Fig.3 Tooth-hole stress with interference fit of 0.065,0.075 mm

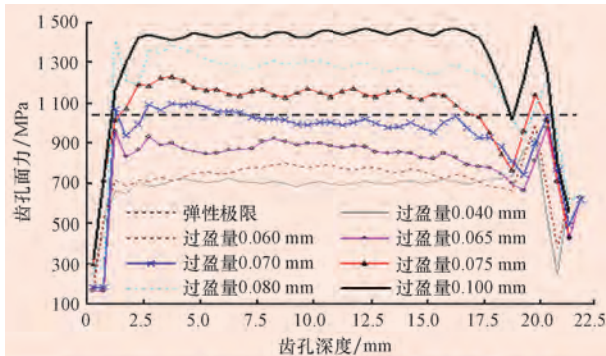


图4 不同过盈量下钻齿全部压入时的齿孔应力
Fig.4 Tooth-hole stress at different interferences

2.2 齿孔壁的位移量

图5为不同过盈量(分别为0.040、0.060、0.065、

0.070、0.075、0.080 和 0.100 mm) 钻齿全部压入钻头本体时齿孔壁的径向位移量。从图 5 可以看出, 齿孔壁的位移量随着过盈量的增加而增大, 齿孔入口段的位移波动较大; 过盈量为 0.040~0.075 mm 时, 齿孔的中间段呈水平状态, 此时齿孔壁的变形均匀, 利于固齿。

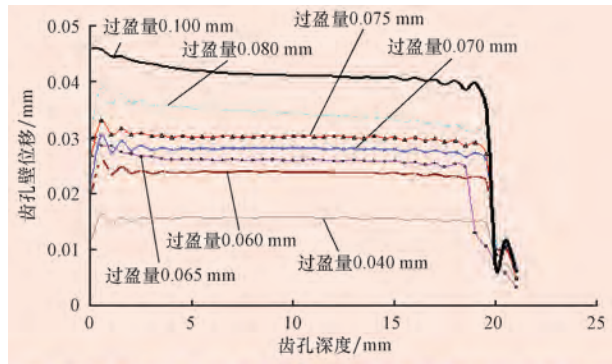


图5 不同过盈量钻齿全部压入时的齿孔壁径向位移量
Fig.5 Radial displacement of the hole at different interferences

2.3 钻齿表面应力

图 6 为钻齿全部压入钻头本体时钻齿表面的应力。由图 6 可知, 钻齿的峰值应力远低于其弹性极限, 钻齿根部应力最大, 上部次之, 中部应力较小且变化平缓, 这种应力分布有利于固齿。

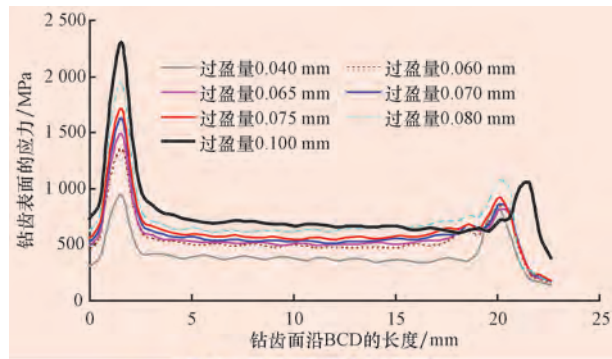


图6 钻齿表面应力曲线
Fig.6 Teeth surface stress

2.4 工作载荷对齿孔应力和位移量的影响

图 7 和图 8 分别为钻齿全部压入钻头本体时齿孔壁的应力和径向位移(过盈量分别为 0.065、0.070、0.075 mm)。对比图 7、图 8 可知: 钻齿以过盈量 0.065、0.070 和 0.075 mm 安装后, 对钻齿施加工作载荷, 齿孔应力和位移变化很小, 即在正常的工作载荷范围内, 因此, 计算过盈量时不需考虑工作载荷。

3 结 论

1) 齿孔应力随过盈量的增加而增大; 过盈量为 0.065 mm 时, 本体的应力略低于弹性极限。

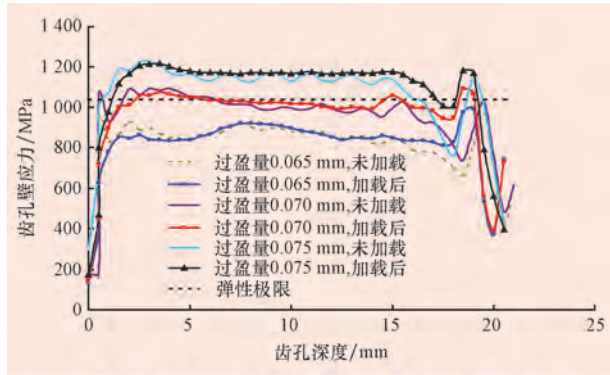


图7 加载与未加载时齿孔壁应力对比曲线
Fig.7 Stress comparison between tooth loading and unloading

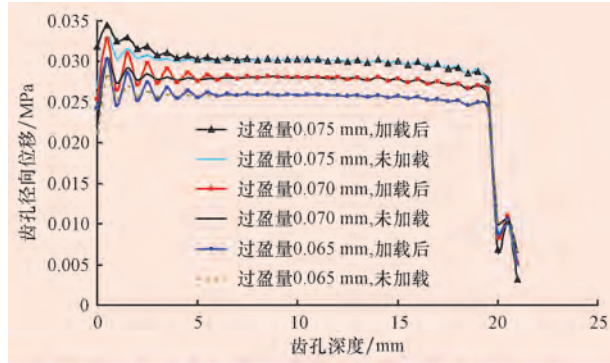


图8 加载与未加载时齿孔壁径向位移量对比曲线
Fig.8 Radial displacement comparison between tooth loading and unloading

2) 过盈量为 0.075 mm 时, 本体出现轻微的塑性变形; 过盈量超过 0.080 mm 时, 齿孔应力接近本体材料的抗压强度, 本体部分位置已出现细小裂纹, 固齿不可靠。

3) 兼顾塑性强化的作用, 笔者推荐 $\phi 215.9$ mm 潜孔钻头 $\phi 14.0$ mm 钻齿的安装过盈量为 0.065~0.075 mm。

参 考 文 献

[1] 孙继明, 侯树刚, 李铁成. 空气钻井技术在普光 D-1 井的应用[J]. 石油钻探技术, 2006, 34(4): 24-26.
Sun Jiming, Hou Shugang, Li Tiecheng. Application of air drilling technology to Well D-1 in the Puguang Oilfield[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2006, 34(4): 24-26.

[2] 魏学成, 张新旭, 翟建明, 等. 空气钻井技术在老君 1 井的应用[J]. 石油钻探技术, 2006, 34(4): 20-23.
Wei Xuecheng, Zhang Xinxu, Zhai Jianming, et al. Application of air drilling technology to Well Laojun-1[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2006, 34(4): 20-23.

[3] 赵华, 尹辉. 各种柱筒与轴的过盈配合分析[J]. 石油机械, 1998, 26(2): 7-10.
Zhao Hua, Yin Hui. Interference fit between column casing and shaft[J]. China Petroleum Machinery, 1998, 26(2): 7-10.

[4] 伍开松, 马德坤. 牙轮钻头滑动轴承材料的力学性能试验[J]. 机械工程材料, 2003, 27(11): 7-9.
Wu Kaisong, Ma Dekun. Mechanical properties for sliding bearing materials of roller bit[J]. Materials for Mechanical Engineering, 2003, 27(11): 7-9.