

偏心跟管钻具钻进的仿真分析

罗宏保¹, 宋 军¹, 赵建勤¹, 黄晓铭²

(1. 中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 611734; 2. 安世亚太(科技)有限公司成都分公司, 四川 成都 610016)

摘要:针对偏心跟管钻具工作环境与受力作用复杂的情况,通过建立跟管钻具在地层中钻进的有限元模型,设定各种边界条件及载荷,运用有限元分析软件 ANSYS 12.0 对跟管钻具的钻进工况进行仿真模拟,分析钻具在钻进时与地层岩土体相互作用下的应力应变情况。根据模拟分析结果能够更清楚地了解钻具钻进时的应力状态,并对钻具的设计、优化起到指导性作用以及为钻具设计结构的合理性提供了理论依据。

关键词:偏心跟管钻具;有限元;仿真模拟

中图分类号:P634.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)11-0006-03

Simulation Analysis on DTH Hammer Drilling with Eccentric Simultaneous Casing/LUO Hong-bao¹, SONG Jun¹, ZHAO Jian-qin¹, HUANG Xiao-ming² (1. Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China; 2. PERA China Chengdu Ltd., Chengdu Sichuan 610016, China)

Abstract: In view of the complex situations of application environment and force condition of DTH hammer drilling with eccentric simultaneous casing, different boundary conditions and loads were set by the finite element models of DTH hammer drilling in the formation, and DTH hammer drilling simulation was made by the finite element software ANSYS 12.0. Analysis was made on the stress-strain of the drilling tool in working conditions. Based on the simulation analysis and according to the drilling stress, theoretical basis for the design and optimization of DTH hammer drilling tool in structure rationality was provided.

Key words: DTH hammer drilling with eccentric simultaneous casing; finite element; simulation

0 前言

潜孔锤偏心跟管钻具是在诸如松散破碎地层、卵砾石地层、含漂砾的复杂地层中进行钻孔施工的主要器具之一。它通过特殊的结构设计实现钻进过程中带动套管跟进,并且钻孔完成后能够从套管中顺利取出。

偏心跟管钻具由导向偏心复合钻头、导正器、套管(包括管靴)组成,在钻进过程中承受相当苛刻、复杂的工况。这些工况包括:冲击、扭转、与岩土的挤压、摩擦载荷等等,这些载荷使钻具在钻孔内处于非常复杂的应力状态。但是跟管钻具各部位具体承受的应力情况却不是很清楚,因此我们在设计钻具结构时主要还是依赖于以往的经验,这样就使得我们的科研和产品开发工作中存在很多问题。

鉴于以上情况,为了分析偏心跟管钻具结构设计的合理性,采用计算机仿真分析软件 ANSYS Workbench 12.0 对偏心跟管钻具在地层中的钻进进行仿真模拟分析,以清楚地了解偏心跟管钻具在孔

内各种复杂载荷工况下各部位的应力、应变状态,并通过计算分析结果在一定程度上指导我们对钻具结构进行改进或优化设计。本文以 ANSYS 12.0 有限元软件为工具,建立了潜孔锤偏心跟管钻具在地层中钻进的有限元模型,对其钻进时与地层岩体相互作用下的应力应变情况进行了分析。

1 钻具钻进的仿真模拟

1.1 分析方法

偏心跟管钻具的钻进过程是动力学问题,但是我们本次分析采用静力学分析方法,这也是常见的对冲击载荷的简化分析方法。冲击载荷是一种随时间变化的动力载荷,典型冲击载荷的形态如图 1 所示。

如图 1 所示,一般采用比动力极限冲击力大的计算极限静力载荷来模拟冲击过程,使计算结果偏于保守。而这种简化计算方法需要注意的就是动力学分析和静力学分析的另一个区别——振动响应问题。如果该结构在冲击载荷下可能引起共振,则静

收稿日期:2010-09-10

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划项目子课题:地质灾害应急处置快速治理技术研究与示范

作者简介:罗宏保(1981-),男(汉族),河南信阳人,中国地质科学院探矿工艺研究所工程师,机械制造及其自动化专业,硕士,主要从事地质钻探、大钎具、跟管钻具等方面的科研、开发工作,四川省成都市郫县现代工业港(北区)港华路 139 号,luohb_cgiet@163.com。

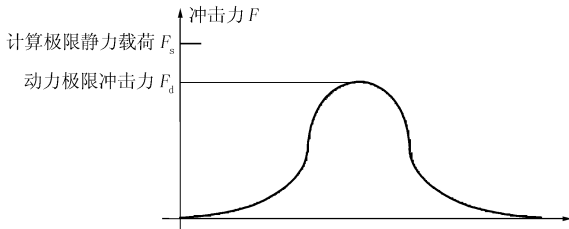


图 1 典型冲击载荷示意图

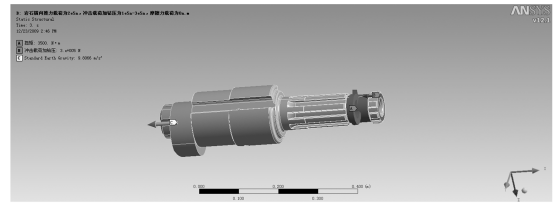


图 3 扭矩以及冲击载荷加钻压

力学分析的计算结果将无法反映真实结构的应力响应分布。对于本次分析的结构,我们认为不会引起共振,原因有以下 2 点:

(1) 偏心跟管钻具结构刚度比岩土大,冲击载荷的绝大多数能量都通过钻具传递给岩土,使岩土产生塑性变形,不会引起钻具产生较大的自振;

(2) 岩土与钻具的摩擦力作用,岩土的塑性在钻进过程中产生较大的阻尼效应,不会产生共振。

因此,本次分析采用静力学分析方法是合理的。

1.2 本构模型的建立及参数选取

潜孔锤偏心跟管钻具钻进的过程实际上是钻具-岩土体界面相互挤压的过程,为了更好的反映它们相互间作用的应力-应变关系,将岩土体视为连续的弹塑性材料,采用 Drucker-Prager 模型,潜孔锤偏心跟管钻具视为刚体,具体几何模型及模型参数分别如图 2 和表 1 所示。

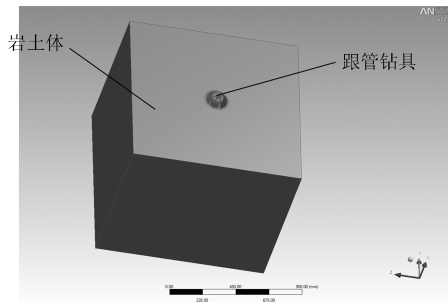


图 2 几何模型

表 1 岩土体及钻具材料模型参数

材料	密度 $\rho / (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	弹性模量 E / MPa	泊松比
岩土体	2400	8.0e3	0.23
钻具	7850	1.96e5	0.3

1.3 边界条件与载荷定义

将钻具与岩土体作为一个整体并选取最大载荷情况进行分析,边界条件及载荷情况如下:

(1) 在钻具上端加扭矩(3500 N·m)以及竖直方向的冲击载荷和钻压(300 kN),如图 3 所示;

(2) 岩土体围压载荷,分两种工况进行模拟:工况一,模拟岩土体围压在地下 40 m 深所受的载荷,

在岩土体模型上部施加 940800 Pa 的围压载荷,周边约束法向位移;工况二,模拟岩土围压地下 60 m 深所受的载荷,在模型上部施加 1411200 Pa 的围压载荷,周边约束法向位移,如图 4 所示;

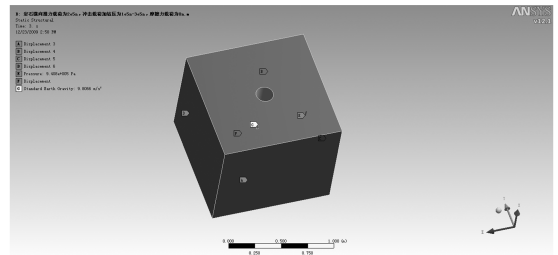


图 4 岩石上部施加围压载荷,周边约束法向位移

(3) 套管上端竖向全约束,如图 5 所示;

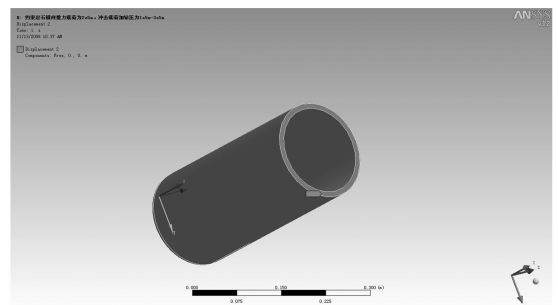


图 5 套管约束

(4) 整体施加重力载荷,重力加速度 9.8 m/s^2 ;

(5) 岩土体、导向偏心复合钻头、导正器以及套管相互之间的接触关系不是简单的接触载荷,因此选用 ANSYS Workbench 中的摩擦接触形式进行模拟,采用增广拉格朗日算法,取相互摩擦系数为 0.1。

2 计算结果分析

根据 ANSYS 有限元计算结果,我们能很清晰的看到应力应变的分布状况。图 6 是导向复合偏心钻头在钻进过程中的接触配合结果示意图。应力云图清楚地展示了偏心钻头在钻进工作时,与导正器和套管的接触区域并不是整个接触面,而是集中在几个区域。钻压和冲击载荷对偏心钻头应力这些位置影响较小,而由于其偏心结构的特点造成的侧向岩土体的顶推力对应力影响较大。

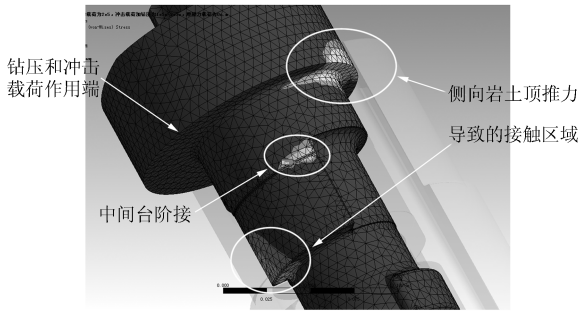


图6 导向偏心复合钻头接触配合结果示意图

对于工况一和工况二两种情况下,钻具各部分最大应力应变出现的位置的计算结果都是一致的,都在相同位置出现塑性屈服,如图7所示。

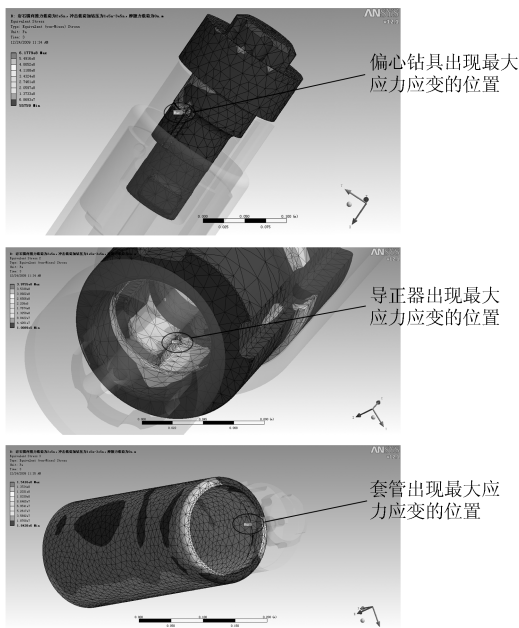


图7 应力应变出现最大位置

是偏心跟管钻具在工作过程中的应力危险位置,这种屈服流动可能造成的零件失效形式有3种:

(1)塑性破坏,由于持续塑性流动,导致零件出现塑性断裂或垮塌;

(2)零件产生较大的塑性变形,影响正常使用功能;

(3)塑性疲劳破坏。

我们看到,计算中的接触塑性屈服流动是自限性的,即随着塑性屈服流动,接触面积增加,导致接触应力集中下降,使屈服流动停止,不会产生持续的屈服流动。在分析结果中,我们也看到屈服流动区域集中在一个小的区域中,不会持续扩大。

分析结果表明,结构总变形小于0.005 mm,没有产生较大的塑性变形,也不会影响接触配合和设备的功能完整性。

3 结论

潜孔锤偏心跟管钻具在工作过程中所受各种力和扭矩是非常复杂的,通过应用有限元分析软件ANSYS 12.0进行仿真模拟分析,使我们更加清楚地了解偏心跟管钻具在孔内各种复杂载荷工况下各部位的应力、应变状态,对我们关键位置的设计改进起到了很好的指导性作用,并且也验证了钻具总体结构的合理性。根据现场生产试验记录的数据可以看出,偏心跟管钻具保证了复杂地层中锚索孔的施工质量,加快了施工进度,取得了良好的试验效果。

参考文献:

- [1] 孙庆,曹品鲁,殷琨. 冲击挤密作用下土体变形机理的有限元分析[J]. 煤田地质与勘探,2009,(4).
- [2] 甘海仁,赵统武. 冲击锤的工作应力与能量传递分析[J]. 凿岩机械气动工具,2006,(1).
- [3] 毕向阳. 巷道开挖支护的仿真模拟[A]. 安世亚太2006年用户年会论文[C].