

新型偏心跟管钻具的设计与有限元分析

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:介绍了新型偏心跟管钻具的结构组成以及设计思路。针对跟管钻具工作环境与受力作用复杂的情况, 通过对跟管钻具进行建模, 设定各种载荷条件, 运用有限元分析软件 ANSYS 11.0 对跟管钻具的工况进行模拟。根据模拟分析结果能够对钻具的设计进行改进, 并为新型跟管钻具设计结构的合理性和可靠性提供理论依据。

关键词:偏心跟管钻具; 有限元; 模拟分析

中图分类号: P634.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2009)12-0033-04

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

Abstract: This paper introduced a new type DTH hammer drilling with eccentric simultaneous casing about the structure composition and the design idea. In view of the complex situation of working environment and the force features, modeling was made on DTH hammer drilling tool, various load conditions were set and the working conditions of DTH hammer drilling were simulated with the finite element software ANSYS 11.0. According to the results of simulation analysis, improvement was made on the design of drilling tool and the results provide the theoretical basis for rationality and reliability of the new type DTH hammer.

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

0 前言

潜孔锤偏心跟管钻进技术是在潜孔锤钻进技术上发展起来的一项新的钻进技术, 它采用特殊的钻具实现套管的跟进, 成功地解决了钻进过程中孔壁的坍塌和冲洗介质漏失问题, 是一种在松散破碎和砂卵石地层钻进中比较成功的钻进方法。在滑坡体或在公路和水电大坝的高边坡进行锚索施工, 地层普遍松散破碎, 目前锚索孔成孔普遍采用潜孔锤偏心跟管钻进施工方法。但当孔深超过 40 m、孔径达 150~180 mm 时, 该方法受钻进设备、钻具和管材等因素影响, 效率降低, 若遇孔内有漂砾, 钻进难度更大, 效率更低。为了解决这种大直径、长孔段锚索孔施工难的问题, 研制了一种新型的潜孔锤偏心跟管钻具, 结构如图 1 所示。

偏心跟管钻具由导正器、导向偏心复合钻头两部分组成, 构成跟管钻进系统的还有冲击器、管靴、套管等。此偏心跟管钻具是基于三件套与两件套的偏心跟管钻具的结构设计的, 将三件套钻具结构中的偏心扩孔钻头和中心导向钻头二者合而为一, 做成一个整体——导向偏心复合钻头。这样的

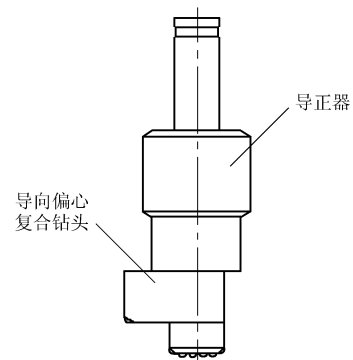


图 1 新型偏心跟管钻具结构

设计使得其既具有两件套结构简单、装拆容易的特点, 又继承了三件套中心钻头在钻进过程中可以起到导向的作用。同时, 与三件套相比零件数量的减少, 也减少了冲击器做功时, 能量传递过程中的能量损失。

在施工过程中, 偏心跟管钻具承受苛刻、复杂的工况。这些工况包括: 冲击, 扭转, 与岩石的挤压, 摩擦载荷等等, 这些载荷使钻具处于非常复杂的应力状态。为了提高钻头产品的耐用性, 采用有限元分

收稿日期: 2009-08-18

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助理工程师, 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。

析方法计算出钻头在各种载荷下的应力状态是非常有必要的。文中采用通用有限元软件 ANSYS Workbench, 建立偏心跟管钻具的有限元分析模型, 对偏心跟管钻具进行应力分析, 认识和了解钻具承受的详细应力状态, 有助于改进钻具的设计, 提高钻具的可靠性。

1 有限元模型的建立

1.1 钻具模型的建立及参数的选取

偏心跟管钻具的几何模型在三维 CAD 软件 Pro/E 中进行建立, 然后通过 Pro/E 与 ANSYS 11.0 的接口直接导入到 ANSYS Workbench 软件(WB), 这样能避免重复生成模型的繁琐过程, 节省不少时间。钻具几何模型如图 2 所示。



图 2 偏心钻具几何模型

钻具的材料是 FF710 合金钢(24SiMnNi2CrMoA), 材料的力学性能参数如下:

弹性模量: $E = 196000 \text{ MPa}$

泊松比: $\nu = 0.3$

密度: $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

1.2 边界条件和载荷定义

偏心钻头在施工过程中, 受到非常复杂的载荷工况, 这些载荷包括:

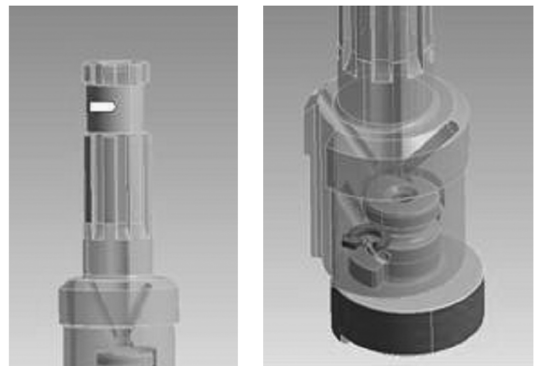
- (1) 最大扭矩 $M = 3500 \text{ N} \cdot \text{m}$;
- (2) 最大钻压 $P = 30 \text{ kN}$;
- (3) 冲击载荷, 冲击频率 $f = 850 \text{ 次/min}$, 单次最大冲击能 $E_p = 65.1 \text{ kg} \cdot \text{m}$;
- (4) 导向偏心复合钻头扩孔面受到岩土顶推

力, 大小未知。

偏心跟管钻具在各种载荷下的响应是一个非常复杂的动力学过程, 而钻具在工作过程中不存在共振的问题, 因此在这里我们可以模拟出偏心跟管钻具的极限承载状况, 将这个过程简化成静力状态。

在 WB 中, 具体载荷定义如下:

(1) 最大扭矩。最大扭矩是通过挡块从导正器传递到导向偏心复合钻头上的, 为了模拟这个效果, 我们固定导正器, 在导向偏心复合钻头的侧壁上施加 $M = 3500 \text{ N} \cdot \text{m}$ 的扭矩。最大扭矩施加效果如图 3 所示。

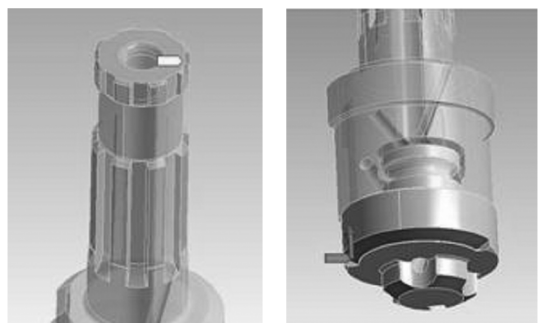


导正器花键部位固定

在侧壁上施加扭矩

图 3 扭矩施加效果

(2) 最大钻压和冲击载荷。这两个载荷的最终作用效果是作用到导向偏心复合钻头上, 在传递的过程中必定存在部分能量的损失, 但是我们现在考虑的是一种极限静力学状态, 所以将钻压和冲击载荷全部直接作用到复合钻头上, 并且暂时定义最大钻压、冲击载荷与复合钻头扩孔面所受顶推力的合力为 $F = 300 \text{ kN}$ 。施加合力的作用效果如图 4 所示。



导正器顶端固定

在复合钻头上施加合力

图 4 合力施加效果

1.3 接触定义与网格划分

导正器和导向偏心复合钻头的接触关系必须定

义,而不是仅仅简化接触载荷,单独对导向偏心复合钻头一个零件进行有限元的应力分析。因为,导正器和导向偏心复合钻头的接触力的传达方式和分布规律非常复杂,而这些又对计算结果影响很大,所以在分析时将导正器和导向偏心复合钻头放在一起作为整体进行分析。接触关系定义如图 5 所示。

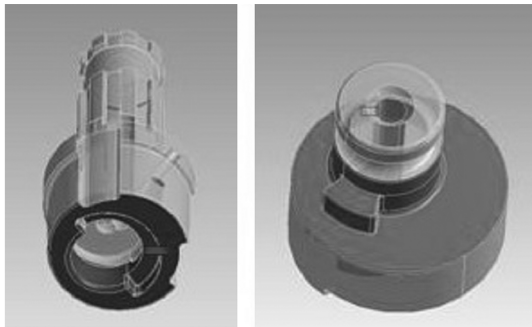


图 5 接触关系定义

WB 能够根据要求自动对网格进行划分,在自动生成的网格基础上,可以根据需要,再对某些部位的网格进行细化,如图 6 所示划分的单元网格图。

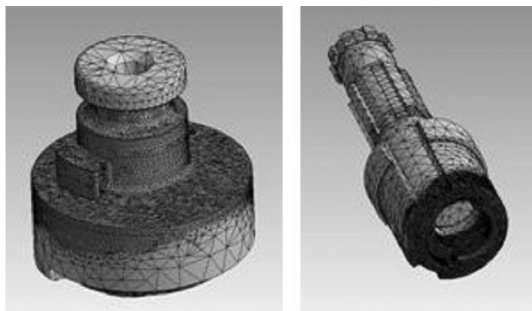


图 6 单元网格划分

2 计算结果分析

将偏心跟管钻具作为一个整体进行有限元分析,为了更清楚地了解钻具各个部分的应力情况,分析完成后,分别观察导正器与复合钻头的等效应力云图,其分析结果分别如图 7、图 8 显示。

这里以复合钻头的分析结果为例,根据复合钻头局部等效应力云图(如图 9 所示),对其逐一进行分析:

(1)该处应力非常高,达到 1650.6 MPa。但是这一点并不是危险位置,因为:

①该位置所受应力为接触压应力,不会产生疲劳破坏。

②由于是纯弹性分析,没有考虑材料塑性,网格划分在该处有一点误差,导致该处有限元分析中产生类似与加工毛刺的情况。如果考虑塑性,该处会

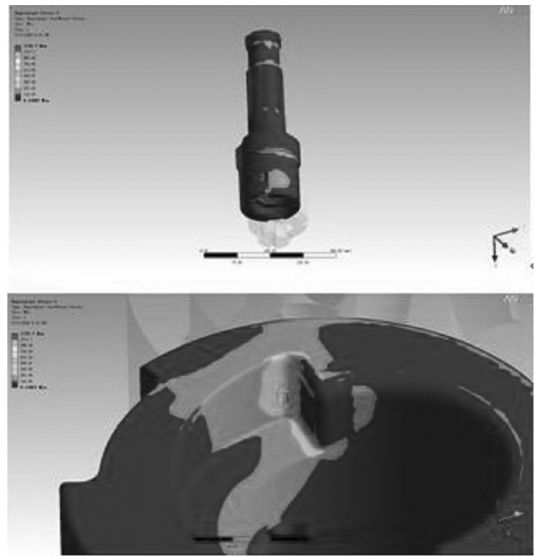


图 7 导正器局部等效应力云图

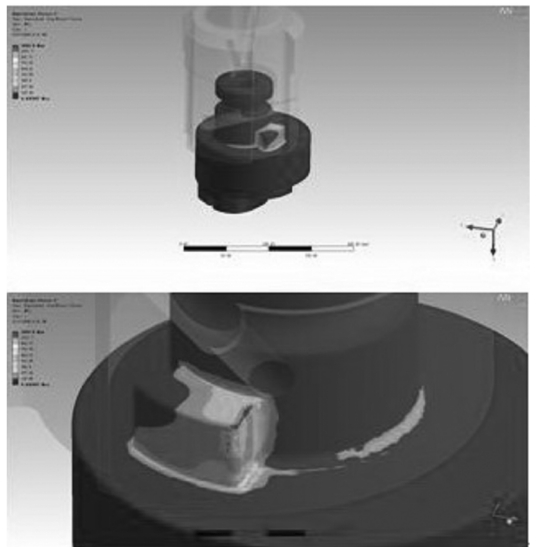


图 8 复合钻头等效应力云图

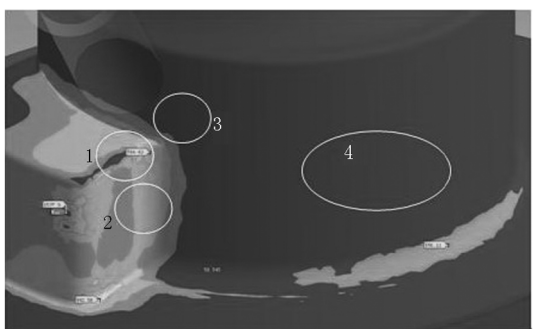


图 9 复合钻头等效应力云图

产生局部屈服流动。这种屈服流动不会对设备性能产生任何影响,但是会有效消除局部应力过大现象。在今后的详细分析中,我们会考虑引入材料塑性特性。

(2)该处应力最大值达到 942.56 MPa。该处是一个比较危险的位置,极有可能产生塑性屈服和疲劳破坏,设计时需要关注。这个位置的应力可以通过加大圆角半径的方式来有效降低。

(3)该处应力最大值为 744.43 MPa。该处的情况同位置 2,也需要注意。

(4)该处应力最大值为 154.11 MPa。该处应力不大,但是,因为本次分析没有考虑偏心钻头摩擦阻力和岩土顶推力,所以相对较小。如果考虑这些因素,这个位置同 2,3 一样,会产生疲劳破坏。

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 11.0 进行模拟分析,根据分析结果对钻具的设计进行改进,经过改进设计的偏心跟管钻具再进行现场施工试验,从而不断完善钻具的结构设计。

此次经过改进设计的钻具分别在国电大岗山水电站大坝的支护锚索孔的钻进和云南梨园水电站进场公路边坡支护锚索孔的钻进进行了现场试验。通过比较改进后与改进前钻具在工程施工现场进行锚索孔钻孔试验情况,可以看出,新型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] 曹品鲁,等. 潜孔锤冲击作用下土体变形的有限元分析[J]. 石油钻采工艺,2007,(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] 张国樵. 凿岩钎具的设计、制造和选用[M]. 长沙:湖南科学技术出版社,1989.
- [4] 闫相祯,等. 套管钻进用套管柱的若干力学分析与 CAE 仿真[A]. 安世亚太 2006 年用户年会论文[C].

采矿,向地球更深处进发

《中国经济周刊》2009-12-14 消息 2004~2008年,一项旨在向地球更深处要资源的“深部采矿”行动,为中国带来了价值超过 1 万亿元的矿产资源。面对严峻的世界能源形势,中国或将全面启动地球深部矿产资源勘探开发。

近日,国务院总理温家宝在首都科技界大会上说,在地球深部资源探测方面,中国已有固体矿产勘探开采的深度大都小于 500 m,而世界一些矿业大国已经达到 2500~4000 m,“我们要千方百计提高资源勘探开采水平和效益,充分挖掘和利用好各类资源”。

此外,国务院副总理李克强此前在中国地质科学院考察时亦明确表示,作为一个发展中大国,解决能源资源问题,需要充分利用国际国内两个市场、两种资源,但必须坚持立足国内,增强国内能源资源的保障能力,这就需要“加大投入,超前谋划”,“进一步加强地质勘查,努力实现重要资源找矿的重大突破”。

“温总理的话并不只是基于技术上的问题。而是说,我国以前地下 500 m 以上的矿产资源加起来就基本上可以满足需求,没有必要费大力气开采 500 m 以下的矿产资源,而现在这种形势已经发生改变。”中国煤炭地质总局地质处处长程爱国说。

实际上,我国针对既有矿山的“深部找矿”工作在 2004 年就已经开始了。2004 年 9 月,国务院通过了《全国危机矿山接替资源找矿规划纲要(2004-2010)》,自此我国启动了全国重要矿产危机矿山找矿专项,其主要思路就是“就矿找矿”,在原有矿山开采深度(一般在 300~500 m)的基础上,向更深处进行勘探开采。

据全国矿产资源潜力评价项目办公室总工程师、危机矿山接替资源找矿项目总工程师叶天竺回忆,2002 年,我国东部老工业基地的大批矿产公司破产关闭引起中央领导的注意。2003 年的初步统计资料显示,当时由国家批准破产的有色金属矿产和煤矿山加在一起达到 122 座,另外提出申请要求破产的还有好几百座,而由于矿产公司的倒闭,造成大量职工失业,在个别城市还出现了比较严重的群体性事件,“整个形势比较严峻”。此外,与大量矿山资源枯竭、矿产公司破产倒闭形成巨大反差的是,随着我国经济的快速发展,对矿产资源的需求快速上升,我国在铜、铁、锰、钾盐等多种重要矿产资源的对外依存度逐年增加。

正是在这两个背景下,2004 年,国务院决定由国土资源部、财政部、发改委联合组建机构,启动了全国重要矿产危机矿山找矿专项。据叶天竺介绍,考虑到在没有矿山的地区寻找新的矿产基地,一般周期较长、难度较大,因此确定了“就矿找矿”的思想,在原有矿山的基础上进行深部找矿。

当时直接面临的挑战就是,此前我国的钻探手段一般是到地下 300~500 m,1000 m 的就差不多了,“要进行 1000 m 以下的钻探,勘探技术上面面临很大困难”。此外,很多矿山在资源面临枯竭的时候,一般都进行过深部找矿的试验,但大多失败了,在失败的地方再找矿,压力更大。

但最终的结果让叶天竺等人对中国的深部矿产资源储量充满信心。截至 2008 年,在进行深部找矿的 216 个矿山中,有 166 个矿山找到了矿,其中煤炭探明 45.89 亿 t,铁矿石探明 6.95 亿 t,铜矿探明 196.36 万 t,铅锌矿探明 485 万 t,金矿探明 425 t,银矿探明 5695 t,再加上其他矿种,专业部门对此的总体评估是,这些资源的静态产值超过 1 万亿元。

“矿山找矿从经济角度来说是非常合算的一件事情,都是在矿山现有的开采范围内,不需要搞基础设施建设。”叶天竺公开表示。

不过,由于我国深部找矿的工作起步较晚,目前我国对于深部矿产资源的储量和分布情况并没有清楚掌握。

中国地质科学院勘探技术研究所新技术一室主任张永勤说,1999 年底,我国启动了第一次全国地质资源大调查,但是,考虑到当时国内的矿产资源供应尚未出现紧张局面,从开采成本角度考虑,进行深部找矿并不经济,所以,深部找矿并没有引起太多关注。

而针对目前国际上很多矿产国家纷纷提出向地球更深处寻找资源的情况,程爱国说,“盲目攀比开采深度可能没有什么意义”。

在国际上,针对地球深部资源的勘探开发比较有代表性的是,澳大利亚在本世纪初率先提出“玻璃地球”计划,也就是要使地下 1000 m 变得“透明”,而加拿大近期提出的计划称要开发到地下 3000 m。

在我国,尽管地下 500 m 以上的矿产资源已经不能完全满足需求,但具体要开发到地下多少米目前还没有明确说法。对此,程爱国表示,“我国现在的开采深度主要决定于需求,而不是技术。”