

冲击挤压跟管钻具的设计与仿真分析

罗宏保¹, 李子章¹, 姜昭群¹, 许沛²

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

摘要:通过对潜孔锤跟管钻进在软弱地层中难以钻进的原因进行分析, 提出将冲击挤压钻进与跟管钻进结合的设计思路, 进行冲击挤压跟管钻具的结构设计。运用有限元分析软件对钻具的钻进工况进行仿真模拟分析, 根据计算结果对钻具的设计、优化进行指导并为钻具结构设计的合理性提供理论依据。

关键词:潜孔锤跟管钻进; 钻具; 软弱地层; 冲击挤压; 仿真模拟

中图分类号: P634.4 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2013)07-0097-03

Design of the Impact Extrusion Drilling Tool with Casing and the Simulation Analysis/LUO Hong-bao¹, LI Zi-zhang¹, JIANG Zhao-qun¹, XU Pei² (1. Institute of exploration technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China; 2. PERA GLOBAL of Chengdu, Chengdu Sichuan 610016, China)

Abstract: By the analysis on the difficulties for DTH Hammer drilling with casing in soft stratum, the design ideas of combining the impact extrusion drilling and drilling with casing were proposed to complete the structure design of impact extrusion drilling tool with casing. By the finite element analysis software, the simulation analysis on the drilling conditions was made; the calculation results can be instructive to the design and optimization of drilling tools and can be the theoretical basis for the rationality of design of DTH hammer drilling tool structure.

Key words: DTH hammer drilling with casing; drilling tool; soft stratum; impact extrusion; simulation analysis

0 前言

在滑坡治理、边坡锚固等地质灾害治理施工中, 锚固孔施工的效率 and 速度是非常关键的。由于多数滑坡、边坡地层条件比较复杂、破碎, 潜孔锤跟管钻进技术凭借其边钻进边跟管护壁的优势在滑坡治理、边坡锚固等地质灾害治理中被广泛应用。但是, 当潜孔锤跟管钻进遇到充填土、杂填土等强度低、可压缩性高的潮湿、粘性软弱地层时, 岩粉以泥团的形式夹在上返气流中, 由于这些泥团的粘性和上返气流流速的改变, 泥团会附着于钻具、套管壁和钻杆上, 形成泥环, 致使排渣很不通畅, 严重的甚至于堵塞风路中断气流循环, 导致冲击器不能正常工作。

既然风路堵塞造成钻进缓慢, 并针对软弱地层的特点, 我们考虑一种不排渣的方式——冲击回转挤压钻进, 将其与潜孔锤跟管钻进结合, 设计出一种冲击挤压跟管钻具来解决潜孔锤跟管钻进在软弱地层中难以钻进的问题。根据此思路, 完成了钻具的初步结构设计。钻具结构及钻进系统如图 1 所示。

钻具结构型式采用偏心结构, 钻头体由多块组成, 钻头体除最前面的一个前端呈锥尖状外, 其余钻头体均呈截顶圆锥体状, 这样钻具工作时, 从下往

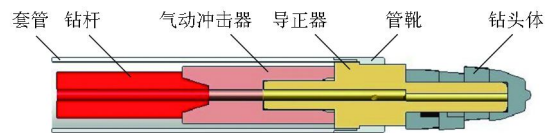


图 1 冲击挤压跟管钻进系统示意图

上, 钻头体对软土层进行切削挤压逐级扩孔。钻头体整体设计为锥形, 而锥度的大小对钻具钻进效果如钻进速度和深度都有着比较重要的影响。为了提高研究设计工作的效率和技术水平, 建立有限元模型, 对钻进过程进行有限元仿真分析, 并根据计算结果来改进钻具设计, 提高钻具的可靠性和钻进效率。

1 有限元仿真分析

冲击挤压跟管钻具工作时, 锥形钻头体对软土地层进行挤压切削, 逐层进行挤压掘进。研究这一钻进过程, 有助于提前了解和分析钻具形状设计对钻进速度和深度的影响。因此, 在钻具和土体之间建立行之有效的有限元模型和力学模型, 对冲击挤压跟管钻具的钻进过程进行有限元计算仿真分析, 分析冲击挤压钻头与土体的相互作用机理。为了实现钻进过程的仿真分析, 主要考虑 2 方面的问题:

收稿日期: 2013-06-15

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目“软弱地层快速成孔工艺与器具研究”(1212011120262)

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, 地质工程专业, 硕士, 从事探矿技术研究工作, 四川成都市郫县现代工业港(北区)港华路 139 号, luohb_cgiet@163.com。

土体-钻具之间的相互作用;仿真分析计算方法的确定。以往会以拉格朗日法有限元为主的分析方法,如果采用单纯的拉格朗日算法计算,土体网格极易发生扭曲,导致无法计算。

经过对冲击挤压钻进过程的特点分析,根据有限元计算特点确定计算方法如下:

(1)冲击挤压跟管钻具在钻进过程中,变形非常小,几乎无塑性变形,在计算过程中等效为刚体参与计算。

(2)钻具钻进过程中土体发生大变形和材料分离,普通拉格朗日算法难于计算此类问题,故采用多物质 ALE 算法计算土体的大变形以及分离过程。

1.1 钻具模型的建立及参数的选取

采用 ANSYS/LS-DYNA 自带的建模工具建立软土层的几何模型,运用三维设计软件 Pro-E 根据钻头体整体锥度的不同完成冲击挤压跟管钻具的模型建立,由于钻头体的锥度大小对于钻具挤压钻进速度和钻头体的强度有着很大的影响,是设计的关键参数,因此我们结合前期相关项目的研究成果,选定三个锥度参数,建立 3 种不同锥度的钻具模型:结构一、结构二、结构三。并且运用 ANSYS/LS-DYNA 对冲击挤压跟管钻具和软土地层进行网格划分,如图 2 所示为有限元整体模型图,上部为冲击挤压跟管钻具,下部为软土地层。图 3 所示左为钻具网格图,右为软土地层网格图。

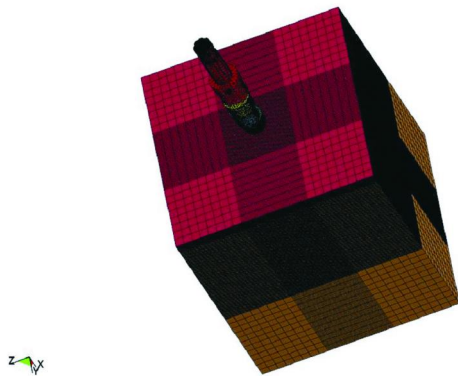


图 2 有限元整体模型

钻具选取 FF710 材料本构,其材料参数为:密度 $\rho = 7.85 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$,泊松比 $\nu = 0.26$,弹性模量 $E = 210 \text{ GPa}$ 。

软土层参数以野外试验选取地的土层特性为基础,该地软土地层的参数选取为:密度 1960 kg/m^3 ,弹性模量 $3.6 \times 10^4 \text{ kPa}$,泊松比 0.35 ,粘聚力 10 kPa ,内摩擦角 25° ,剪胀角 20° ,摩擦系数 0.5 ,体积模量 $4 \times 10^4 \text{ kPa}$,剪切模量 1.3334 kPa 。

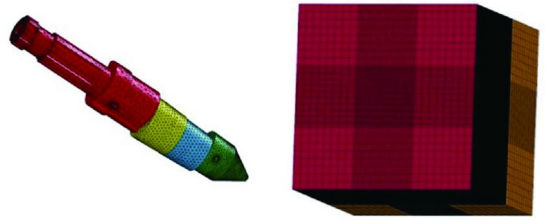


图 3 钻具及软土地层网格示意图

1.2 边界条件以及求解设置

冲击挤压跟管钻具在施工过程中,受到非常复杂的载荷工况,载荷的边界条件根据野外试验设备的参数来设定。根据野外试验方案,钻机选用哈迈 YXZ90 型,潜孔锤冲击器选用阿特拉斯 DHD350 型,冲击挤压跟管钻具工作过程中主要承受的载荷包括:

(1)最大扭矩 $M = 3600 \text{ N} \cdot \text{m}$;

(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 $E_p = 65.1 \text{ kg} \cdot \text{m}$;单次最大冲击力 40 kN ;冲击时间 70.58 ms ;接触时间 8.5 ms 。

按实际情况对模型进行边界条件以及求解控制设置如下:

(1)对冲击挤压跟管钻具施加转速 36 r/min ;

(2)对冲击挤压跟管钻具施加冲击力如图 4 所示,总共计算 10 次冲击;

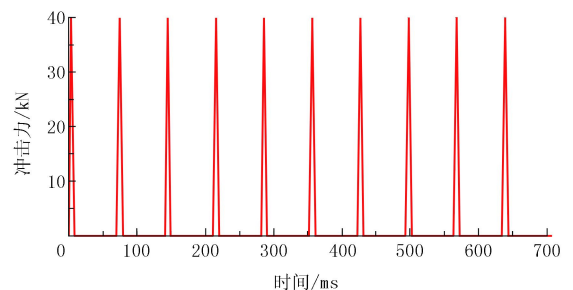


图 4 冲击载荷示意图

(3)约束土体四周和底部法向位移;

(4)整个物理过程求解时间为 705.79999 ms 。

2 计算结果分析

冲击挤压跟管钻具在钻进过程中,钻具在冲击载荷和旋转扭矩作用下,进入土体,从钻具位移场变量可以看出在钻进过程中,钻具位移在冲击多次后,出现回弹,这是由于在钻具钻进过程中,钻具周围土体逐渐被压实,强度相应变大,冲击过后,钻具被土体弹起。输入冲击载荷曲线,对 3 种模型分别模拟 10 次冲击的过程,再对其各自的钻进位移量进行比较,如图 5 为 3 种结构钻具钻进位移比较。

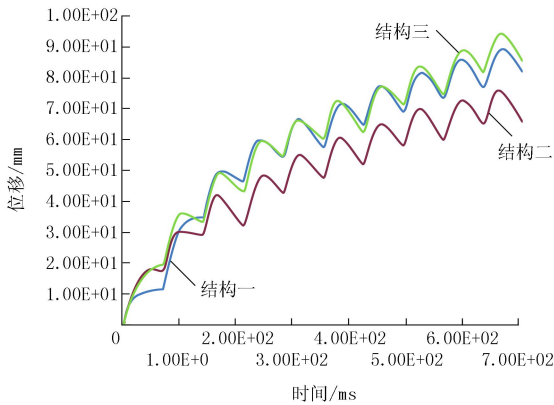


图 5 三种结构钻具钻进位移比较

由图 5 可以看出钻具在 10 次冲击载荷作用下的钻进深度:结构一为 81.96 mm,结构二为 65.85 mm,结构三为 85.60 mm,很明显结构二钻进效率最低,因此考虑选取结构一和结构三。在考虑钻进效率的基础上,还要考虑钻具强度的可靠性,如果该结构在钻进过程中,由于载荷作用出现屈服,即便这种结构钻进效率最高,也不符合设计要求。故需要对结构一和结构三的在土体反作用力和力矩作用下的强度进行校核,才能确认何种结构最合适。

如图 6 所示为结构一钻具应力图,从图中可以看出钻具所受应力处于屈服强度以下,为 232.71 MPa。如图 7 所示为结构三钻具应力图,从图中可以看出钻具某些部位所受应力高于屈服强度 245 MPa,最大为 337.78 MPa,从结构上分析,这些位置并不是应力集中的位置。故如采用结构三钻具进行

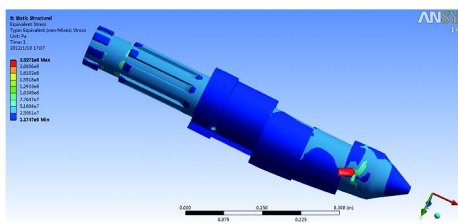


图 6 结构一钻具应力图

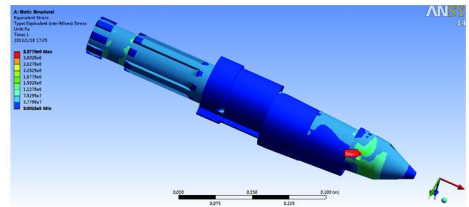


图 7 结构三钻具应力图

施工钻进,钻进过程中钻具可能发生永久变形,影响钻具使用寿命。因此,通过分析计算比较,最终采取结构一设计。

3 结论

通过理论设计并建模,运用有限元分析软件对冲击挤压跟管钻具的工况进行模拟仿真分析,根据计算结果对钻具的设计、优化起到指导性作用,提高了设计工作效率,并为钻具结构设计的合理性提供理论依据。所设计的冲击挤压跟管钻具通过在龙泉大面镇的野外试验和绵遂高速公路某段的边坡支护孔施工的实际工程应用,验证了在软弱地层中能够顺利实施跟管钻进成孔,解决普通跟管钻具在软弱地层中难以钻进的问题,并且冲击挤压跟管钻具在软弱地层中工作稳定、可靠,为在软弱地层中进行跟管钻进施工提供了一种新的器具和工艺方法。

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] 李养平. 潜孔锤冲击挤压钻进成孔法的探讨[J]. 探矿工程,1997,(6).
- [3] 罗春红. 凸轮型冲击回转挤压钻头成孔机理的研究[D]. 吉林长春:吉林大学,2009.
- [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]. 2006.
- [5] 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).
- [6] 张国樑. 凿岩钎具的设计、制造和选用[M]. 湖南长沙:湖南科学技术出版社,1989.

武警警种学院与天和众邦联手创建实践教学基地

本刊讯 2013 年 7 月 13 日,武警警种学院与北京天和众邦勘探技术股份有限公司在天和众邦河北固安工业园区生产基地签约,天和众邦成为武警警种学院“实践教育基地”。

签约当日,天和众邦董事长李劲松与武警警种学院院长徐宝东签署了战略合作协议。双方签约后,天和众邦将无偿为武警警种学院提供教学基地,用于学员参观见学、实践教学、装备操作技能训练和调研考察等相关实践活动。

武警警种学院是一所担负着武警部队交通、水电、森林、黄金 4 支警种部队干部培养和现职干部任职培训、轮训以及士官培训任务的院校。在近年来的转型发展中,为有效提升办学治校水平和人才培

养质量,学院借助军地知名院校在办学思想、学科建设、师资队伍、学术科研等方面的优势,坚持走军民融合发展、军地携手共进的办学治校之路,先后与三一重工、联想等企事业单位建立教育基地,又与清华大学、地质大学、北京林业大学等 6 所高校建立了合作办学关系。

作为国内知名的全液压岩心钻机制造商,天和众邦凭借一流的产品性能、完善的质量监督体系及优质的服务,赢得了业界的信任与青睐。近年来,天和众邦先后与地质大学、吉林大学等高校签署了产学研计划并建立了奖学金项目,为在校学生提供理论教学与实践教学的有机结合的机会,同时充分发挥学校与企业各自优势,促进学校与企业的发展,达到了资源共享、优势互补、合作双赢的效果。