

# 贯通式潜孔锤反循环钻头的结构优化

关晓琳, 殷 琨, 朱丽红, 孟祥瑞, 范黎明

(吉林大学建设工程学院, 吉林 长春 130026)

**摘要:**针对  $\varnothing 89$  mm 反循环钻头取心短且带裙边的问题, 对其碎岩过程进行有限元软件 ANSYS 数值模拟分析。根据分析结果提出合理设计方案, 再对新钻头进行有限元数值分析, 并与原设计进行对比分析, 同时进行室内试验验证。结果表明, 优化后的钻头取出的岩心较长、较完整且不带裙边, 优化方案合理可行。

**关键词:**贯通式潜孔锤; 反循环钻头; 有限元; 结构优化

**中图分类号:** P634.4<sup>+</sup>1    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1672-7428(2011)02-0054-03

**Structure Optimization of DTH Reverse Circulation Bit/GUAN Xiao-lin, YIN Kun, ZHU Li-hong, MENG Xiang-rui, FAN Li-ming** (College of Construction Engineering, Jilin University, Changchun Jilin 130026, China)

**Abstract:** Aiming at the problem of short coring sample with skirt of  $\varnothing 89$  mm reverse circulation bit, numerical simulation analysis was made on the breaking process with finite element software ANSYS. According to the analysis results, reasonable design scheme was put forward. The further analysis was made on the new bit with finite element numerical simulation and the comparative analysis and indoor experiment on the original design were carried out. The results indicate that the optimized bit has longer, complete coring sample without skirt.

**Key words:** DTH; reverse circulation bit; finite element; structure optimization

## 0 前言

潜孔锤反循环钻进技术是采用压缩空气为循环介质、不停钻连续取心的钻进技术, 具有取心能力强、钻进效率高等特点, 已被广泛应用于岩心勘探等领域。但由于获取的岩心长度较短(多为 1~2 cm), 某些时候并不能完全满足相关部门对岩心质量越来越高的要求。

岩心长短与潜孔锤碎岩机理和钻头结构形式密切相关, 因此, 对贯通式潜孔锤反循环钻头碎岩机理进行分析并进一步优化钻头结构是解决岩心长度问题的关键。

## 1 岩心较短的原因

为找出  $\varnothing 89$  mm 反循环钻头所取岩心较短的原因, 本文采用数值分析的方法对其碎岩过程进行模拟, 借助计算机数值计算这一虚拟实验手段对碎岩机理进行理论上的分析和研究。

### 1.1 建立模型划分网格

根据贯通式潜孔锤反循环钻头的实际钻进条件, 选用  $\varnothing 89$  mm 反循环钻头进行分析, 由于其有 3 种硬质合金柱齿, 且第二圈球齿的底出刃是 3 种球齿中最多的, 即在孔底时, 它们是最先接触岩石的,

并且其主要作用为破碎孔底岩石, 因此, 为简化模型, 本文把钻头上不起作用的球齿全部去掉, 只留第二圈的两颗球齿, 且在圆周上均匀分布, 建立钻头碎岩几何模型, 借助有限元软件 ANSYS 进行对钻头冲击碎岩过程的模拟计算。网格划分如图 1 所示。

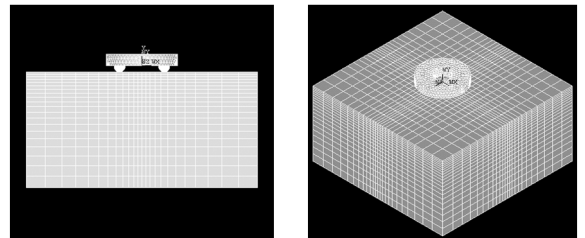


图 1 网格划分图

### 1.2 有限元模拟结果分析

当球齿破碎岩石时, 首先在球齿与岩石接触部位产生半球形的应力集中区并有相连趋势。随着球齿继续作用, 球齿下部表层岩石开始破碎, 其相连趋势更加明显。随后, 球齿在破碎坑内与新岩石接触, 产生新应力集中区, 但集中区已发生变形, 不过相连趋势仍在。但这时应力最大的地方是在与球齿接触的周边岩石中, 不过球齿下部岩石中仍然有应力较大区域。此时, 岩石会大量破碎, 破碎坑变深加大,

收稿日期: 2010-10-15; 修回日期: 2011-01-12

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目(DK0003042)——潜孔锤反循环钻具系列化研究及应用(200020170122)

作者简介: 关晓琳(1985-), 女(满族), 黑龙江人, 吉林大学硕士在读, 地质工程专业, 研究方向为多工艺冲击回转钻进技术, 吉林省长春市吉林大学朝阳校区四舍 334 室, gxl19850101@126.com。

直至加载完毕。

为了进一步分析随着钻头侵入岩石位移的增大,钻头与岩石相互作用情况,截取一次冲击过程等效应力分布云图,如图 2 所示。

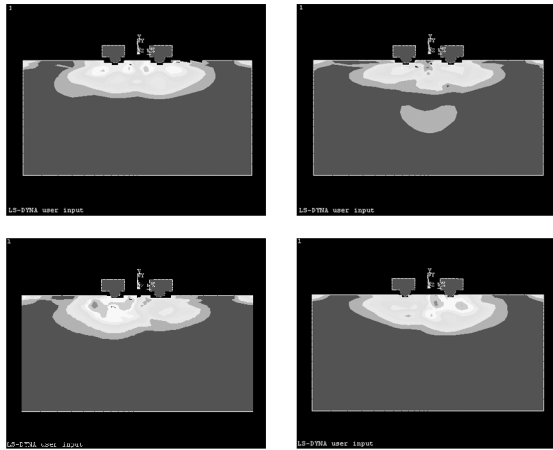


图 2 反循环钻头破碎岩石等效应力分布云图

钻头冲击产生的应力是以波的方式在岩石中传播,首先,应力波是以钻头与岩石的接触点为球心,以同心球形式不断向外传播,从图 2 中应力较大的深色区域不断延伸可以看出。当两颗球齿产生的应力波相遇并叠加时,岩石的内应力突然变大,形成应力集中区。卸载过程中,由于转速较慢,没有对岩石造成破坏,但岩石中的残余应力仍然存在,应力叠加区仍会产生裂纹,并逐渐扩展,最终导致岩心断裂。

### 1.3 小结

通过以上分析可知,目前第二圈齿比最内圈齿底出刃多的结构是不易形成质量较好的岩心的。因为第二圈齿首先破碎岩石,无论冲击功大小都会对即将成为岩心的中心岩石造成影响,产生潜在裂纹。随着冲击破碎坑的加深,内圈齿将加速扩展裂纹,造成岩心提前形成,因此长度不是很长。所以对现有钻头结构进行优化势在必行。

## 2 钻头结构的优化设计

### 2.1 改进思路

由上述分析结果可知,要想彻底改善岩心质量,必须改变第二圈齿比最内圈齿底出刃多的结构,这样才能得到较长岩心。

### 2.2 改进方案

根据以上思路设计出 2 种新型钻头。

#### 2.2.1 锥球齿中心凸起钻头

如图 3 所示,中心采用两颗凸出的锥球齿,并呈对称结构分布,在回转中对岩心产生均匀的对称力,

使岩心不会过早断裂,利于增长岩心。锥球齿接触岩石的球面半径比球齿小,对岩心的影响也小,既有利于增加岩心的直径,也有利于增加岩心的长度。

#### 2.2.2 柱片混镶钻头

如图 4 所示,采用带有隙角的硬质合金片,隙角朝向外侧,起到扩孔作用,防止卡钻。外侧采用球齿形成孔壁,这样就从根本上改变了取心结构。

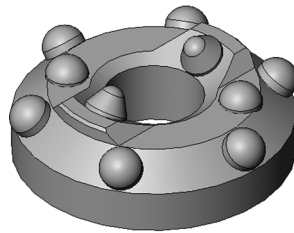


图 3 锥球齿中心凸起钻头

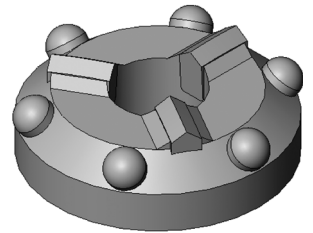


图 4 柱片混镶钻头

### 2.3 优化钻头的有限元分析

建立锥球齿钻头与柱片混镶钻头破碎岩石模型、网格划分、加载进行有限元分析,得到结果如图 5、图 6 所示。

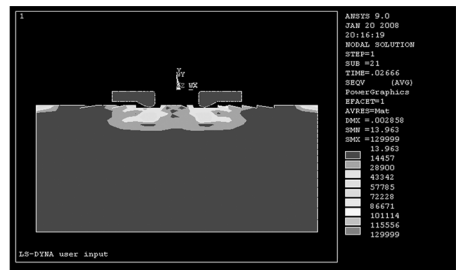


图 5 锥球齿中心凸起钻头有限元分析



图 6 柱片混镶钻头有限元分析

#### 2.3.1 锥球齿中心凸起钻头碎岩过程分析(图 5)

在钻头齿凿入岩石较小深度时,锥球齿首先接触岩石,产生应力集中区,由于锥球齿作用面积小,而且是斜镶的,所以锥球齿的应力集中区作用范围小。并且应力球形状发生改变,对将要成为岩心的岩石产生的影响较小,有利于岩心的增长。

#### 2.3.2 柱片混镶钻头破碎岩石有限元分析(图 6)

由于片齿与岩石接触为线接触,导致破碎面积较大,应力集中区较大,呈扁长形;由于钻头回转,应

力集中区有向侧拉长趋势。这种钻头也可以形成岩心,但长度是否能满足要求还有待于进一步检验。

通过前后对比分析可知,优化后钻头的球齿对中心岩石干扰较少,利于形成质量较好的岩心,优化方案初步可行。

### 3 实验研究

为进一步验证新钻头,建立实验平台,进行实物验证。实验装置如图7所示,装置高约4.2 m,由梯形架支撑,完全采用手动调节,钻压、冲击功和回转角度都由人为控制,完全避免了实际钻进过程中受规程参数限制的情况。



图7 潜孔锤反循环钻头碎岩模拟实验台

图8为锥球齿中心凸起型钻头,为了使中心锥球齿底出刃高于其它齿,且要达到包镶强度,因此在钻头胎体上设计了两个凸台,且向内倾斜 $40^\circ$ ,以保证锥球齿有一定的内出刃。图9为柱片齿混镶钻头,长20 mm、带 $3^\circ$ 隙角的片齿一侧向内,保证片齿有内出刃。并且底出刃高于外侧球齿,以保证钻进时片齿先破碎岩石。试验钻头后部由废弃的反循环钻头加工而成,与前部钻头采用螺纹连接。



图8 锥球齿内凸型钻头



图9 柱片齿混镶钻头

在本次试验中采用的钻进参数为:冲击功140 J,冲击频率18.315 Hz,回转角度 $6^\circ$ ,活塞提升高度1.43 m。首先用柱片齿混镶钻头进行试验,冲击岩石1次后,破碎坑深为1 mm,冲击20次后,片齿正好破碎岩石一周,岩心根部基本成直角,如图10,为

片齿切削形成。冲击60次后,岩心从根部断裂,形成一片片状岩屑。此后,每冲击60次左右就有较大块的岩屑产生,但没有片状岩心形成。实验表明片齿对岩心的影响较大,很难形成大块岩心,且片齿隙角尖端破碎岩石过程中有向岩心方向扩展的裂纹。

在柱片齿混镶钻头形成钻孔的基础上,采用锥球齿球中心凸起型钻头进行试验,如图11所示,锥球齿球面半径为4 mm,冲击80次后,就会产成一片较薄的岩片,试验继续,钻孔底部呈馒头状,冲击140次后突然断裂,形成的岩心的最大直径为33 mm,平均直径为30 mm,最大厚度为10 mm,且岩心底面平整,无卡堵现象,且两种钻头形成的岩心都无裙边。

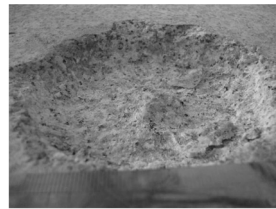


图10 柱片齿混镶钻头形成的破碎坑

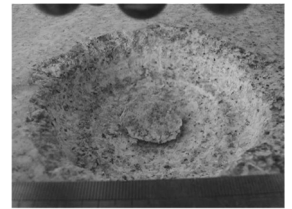


图11 锥球齿钻头形成的破碎坑

### 4 结论

综上所述可知,目前钻头结构中第二圈齿对形成岩心的影响是巨大的,不利于形成完整的岩心,且形成的岩心有裙边,容易造成岩心卡堵,需改变取心钻头的硬质合金类型和镶嵌位置。就此问题改进的2种新型取心钻头改变了中心齿的形状和镶嵌位置,实验表明,原有钻头产生裙边的问题已经得到解决,在保证岩矿心采取率的同时也尽可能保证岩矿心的完整性,提高了岩心质量,该优化方案理论上合理可取。在今后的工作中,我们会将此优化成果运用到实践生产中,并根据实践结果进一步完善优化,使优化后的钻头能够完全符合实际生产的要求。

### 参考文献:

- [1] 殷琨,蒋荣庆.潜孔锤反循环钻进技术及应用[J].探矿工程,1996,(5):13-15.
- [2] 蒋荣庆,殷琨,王茂森,等.潜孔锤钻进理论与实践的新进展[J].探矿工程,2001,(S1):79-183.
- [3] 张勇,蒋荣庆.多工艺冲击回转钻进技术的新拓展[J].世界地质,2000,19(3):291-294.
- [4] 谢含华.贯通式潜孔锤反循环连续取心钻进提高岩心长度技术研究[D].吉林长春:吉林大学,2007.
- [5] 陈家旺,殷琨,彭视明.贯通式风动潜孔锤反循环钻头结构流场的分析与结构优化[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(4):35-37.
- [6] 黄勇,殷琨,博坤,等.空气潜孔锤反循环钻头试验研究[J].凿岩机械气动工具,2009,(1):23-26.