

## • 探矿工程 •

文章编号: 1001-1986(2003)06-0058-02

## 风动冲击器活塞冲击末速度的有限元研究

詹 军<sup>1</sup>, 殷 琨<sup>1</sup>, 于清杨<sup>1</sup>, 曾建华<sup>2</sup>

(1. 吉林大学建设工程学院, 吉林 长春, 130026; 2. 天津地质工程勘察院, 天津, 300191)

**摘要:** 风动冲击器活塞的冲击末速度决定了冲击器的工作性能。本文运用有限元分析软件 ANSYS 建立了活塞分析的有限元模型, 对不同冲击末速度下活塞的应力应变进行了分析研究, 得出活塞最大应力随冲击末速度增大而增大, 但变化为非线性, 设计和使用中应严格控制冲击末速度的结论。

**关键词:** 风动冲击器; 活塞; 有限元; 冲击末速度

**中图分类号:** P634.3<sup>+</sup>3 **文献标识码:** A

## 1 引言

风动冲击器的冲击功、冲击频率等性能参数, 以及结构参数都与活塞的冲击末速度密切相关, 在风动冲击器的设计中, 首先要考虑的就是活塞的冲击末速度。在传统的风动冲击器设计中, 活塞的冲击末速度按活塞材料的力学性能, 根据经验来决定。通常认为, 冲击末速度不能大于 8 m/s。本文以 GQ-160 型贯通式风动冲击器活塞为例, 应用有限元软件 ANSYS 对活塞的冲击末速度进行分析研究。

## 2 活塞的有限元分析方法

风动冲击器的活塞撞击钻头属于状态变化的非线性接触问题。对它的分析包含建模、加载、求解、后处理 4 个步骤。

## 2.1 建立模型

GQ-160 型贯通式风动冲击器活塞的结构如图 1 所示。根据活塞的结构和受力状况, 将活塞简化成轴对称结构进行分析。分析采用轴对称 4 节点平面单元, 实际应用表明, I、II 处是断裂的危险断面, 故在 I、II 处增加了网格的密度, 将整个模型剖分成 554 个单元, 694 个节点。用一轴对称圆柱来代替钻头, 建立的有限元模型如图 2 所示。活塞材料通常选用 GCr15, 其力学性质为弹性模量  $E=2.07 \times 10^{11}$  Pa, 泊松比  $\mu=0.3$ , 密度  $\rho=7\ 800\text{ kg/m}^3$ , 淬火回火后抗拉强度  $\sigma_b=2.5 \times 10^9$  Pa, 名义屈服强度  $\sigma_{0.2}=1.7 \times 10^9$  Pa, 根据机械材料手册, 结构钢的抗拉压疲劳极限  $\sigma_{-1} \approx 0.3 \sigma_b$ , 故 GCr15 钢的疲劳抗拉极限  $\sigma_{-1} \approx 0.75 \times 10^9$  Pa。

## 2.2 加载并求解

风动冲击器活塞的工况为: GQ-160 型风动冲击器的活塞是在 1.5 MPa 的压缩空气推动下, 从冲击器的内缸顶端加速向下冲击, 以一定的末速度冲击到钻头, 与钻头碰撞后反弹, 又在压缩空气推动下向上运行, 一直到达内缸顶部, 完成一个工作周期, 如此反复。活塞的受力情况为: 大部分工作

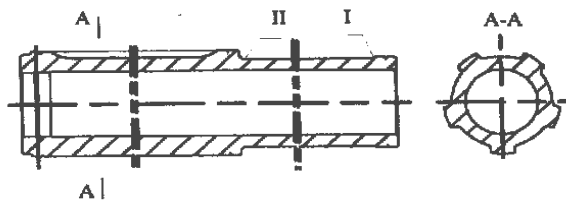


图 1 GQ-160 型风动冲击器活塞结构图

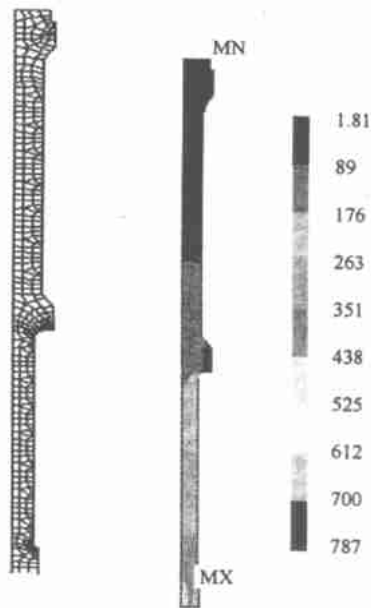
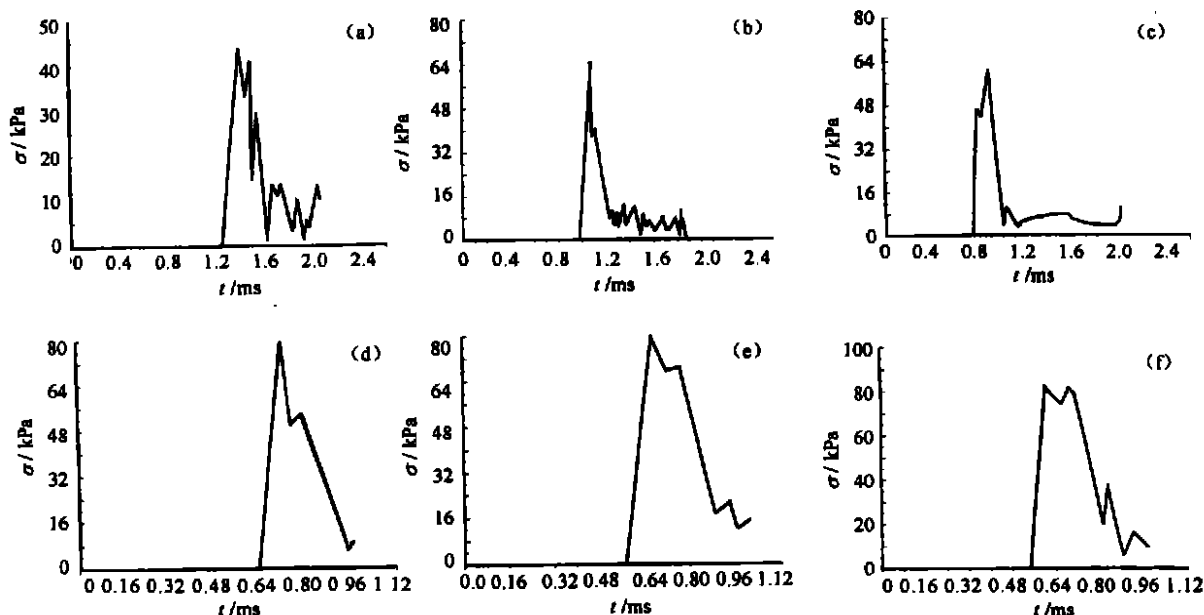


图 2 有限元模型图 图 3 活塞节点密塞斯应力分布图  
周期内, 只受压气作用, 活塞本身受到的作用力较小; 活塞运行到内缸底端时与钻头碰撞, 在极短时间内产生一个较大冲击力, 这个力作用到活塞上, 并以应力波的形式在活塞内传播, 该作用力较大, 应该是研究的主要对象。为了模拟活塞的实际工况, 在钻头底部施加约束, 限制钻头所有自由度的运动。为了模拟活塞碰撞前后弹起的整个过程, 分析时设定活塞离开钻头 5 mm, 并给活塞施加一个初速度, 并设定这个

收稿日期: 2003-01-06

作者简介: 詹 军(1973-), 男, 四川省内江市人, 吉林大学建设工程学院博士, 主要从事冲击机具的分析研究。

图4 冲击末速度  $\sigma-t$  曲线图

a——冲击末速度为 4 m/s; b——冲击末速度为 5 m/s;  
c——冲击末速度为 6 m/s; d——冲击末速度为 7 m/s;  
e——冲击末速度为 8 m/s; f——冲击末速度为 9 m/s;

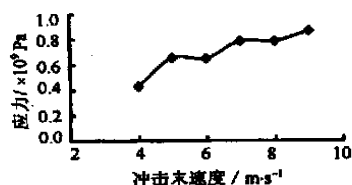


图5 活塞最大密塞斯应力与冲击末速度关系曲线图

速度在 5 mm 运行期间内不变,用来模拟活塞的冲击末速度。在活塞下端面与钻头的上端面之间施加一对接触副,接触副设为弹性-弹性,不考虑摩擦力,用来模拟活塞与钻头间的碰撞。整个分析时间取为 0.001 s,由程序选择分析时间步长。应用 ANSYS 软件的非线性程序进行分析计算,可算出应力应变。

### 2.3 后处理

后处理就是应用分析程序的通用后处理程序和时间后处理程序,将计算结果按方便、简单、容易读懂的方式,比如应力应变分布图、应力变化曲线等方式给出。在此以冲击末速度为 8 m/s 的结果为例。其应力分布如图 3 所示,应力变化曲线如图 4e 所示。

### 3 结果及分析

根据经验,活塞的冲击末速度在 8 m/s 左右,本次研究在 8 m/s 附近取了一组值进行分析研究,冲击末速度取值为 4、5、6、7、8、9 m/s,分别将这些冲击末速度代入有限元分析过程,即可求出它们的应力应变结果。为了研究冲击末速度对活塞应力的影响,本文只给出每个冲击末速度的密塞斯应力随时间的变化曲线,分别如图 4 所示。

从  $\sigma-t$  曲线图可以看出,不同的冲击末速度,活塞的密塞斯应力曲线图不同;随着冲击末速度增大,曲线逐渐变得

简单,这说明在分析时间内应力波变化不同,应力波衰减的规律也不一样;随着冲击末速度增大,应力的最大值也增大。为了进一步比较不同冲击末速度时活塞的应力变化关系,将最大应力值与冲击末速度的关系做出曲线如图 5。

从关系曲线图可以看出,活塞最大节点密塞斯应力值随着冲击末速度的增加而增加,但不是线性关系。特别需注意的是,当冲击末速度为 6 m/s 时的应力值比 5 m/s 时的值还低。从分析曲线可以得出:活塞的冲击末速度不宜太高,在 7 m/s 时,活塞最大节点密塞斯应力已经超过材料的疲劳强度,到 9 m/s 时,活塞最大节点密塞斯应力不仅超过材料的疲劳强度,且应力出现多次峰值,在一个碰撞周期内就有多次应力值超过疲劳极限,极易造成活塞的断裂破坏。因此,对该结构的活塞,冲击末速度应控制在 6 m/s 范围内。

### 4 结论

风动冲击器活塞的冲击末速度与冲击器的性能密切相关。运用有限元分析软件 ANSYS 对不同冲击末速度下的活塞应力分析研究表明:

a. 运用有限元法可正确、方便地分析活塞的应力应变,克服了传统力学方法的弱点,使结果更加准确、可靠;

b. 随着活塞冲击末速度增大,活塞的应力值增大,但其变化为非线性,因此在选定冲击末速度时,不能按线性关系取定活塞的应力;

c. 对于文中给出的贯通式冲击器活塞,其冲击末速度不能达到 8 m/s,因此在设计和使用中,应严格控制活塞的冲击末速度,以提高活塞的使用寿命,根据分析结果冲击末速度控制在 6 m/s 为最佳。

文章编号: 1001-1986(2003)06-0060-02

# 黄陇煤田应用金刚石钻进的问题

张晓宏 (陕西省煤田地质局, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 分析了黄陇煤田大佛寺井田金刚石单管和双管取心及绳索取心钻井技术应用效果; 指出了存在的问题; 展望了黄陇煤田发展金刚石绳索取心工艺技术。

**关键词:** 金刚石钻井; 绳索取心; 煤田

**中图分类号:** P634.4      **文献标识码:** A

## 1 引言

黄陇煤田位于陕西省西北部, 其上部地层含有坚硬、不太完整的第三系砾岩和白垩系宜君砾岩, 可钻性为 8~10 级, 部分 11 级。黄陇煤田的钻探工作, 一直使用落后的钢粒钻进方法通过砾岩层段。20 世纪 80 年代, 只在局部钻探回次中尝试了单管表镶天然金刚石钻进及合金冲击回转钻进工艺。上世纪末期, 在该煤田彬长矿区大佛寺井田精查时, 为突破砾岩难钻限制, 省煤田地质局专门在 139 队组织开展了金刚石钻头打砾岩和全面金刚石钻进试验, 效果十分明显。

大佛寺井田金刚石钻进共开动了 5 台钻机, 完成 4 907.51 m, 钻效 395 m。竣工钻孔 9 个, 特甲级孔 100%。相比该井田 139 队同步施工的钢粒钻进所达 211 m 的钻效, 金刚石钻进效率提高了 1.87 倍。但在这次金刚石钻进过程中, 暴露出一些问题。

中, 暴露出一些问题。

## 2 金刚石钻头使用效果

钻井初始, 使用了天然金刚石表镶钻头进行单管取心钻进, 结果寿命短(6.33 m), 时效低(0.36 m/h), 成本高。为解决这些缺陷, 先后应用了金刚石双管取心钻进和金刚石绳索取心钻进工艺, 钻头则更替为人造金刚石双管孕镶和人造金刚石绳钻孕镶。如表 1 所示, 随着时间推移和工艺的改进, 金刚石钻进指标不断提高。最终绳钻人孕钻头平均寿命提高到 94.61 m, 平均时效上升达 1.32 m/h。分析如下:

a. 单管、双管取心和绳索取心所用钻头寿命存在显著差别。如砾岩段钻进, 钻头寿命就由单管取心钻进时的不足 10 m 提高到绳索取心钻进时的 52.2 m。这表明, 采用金刚石绳索取心钻进, 钻头使用效果得到了根本提高。

表 1 大佛寺金刚石钻头打砾岩效率统计表

钻头形式		数量/只	寿 命/m		时 效/m·h <sup>-1</sup>		备 注
			砾岩段	平均寿命	砾岩段	平均寿命	
单管聚晶	库存	15	5.59	5.59	0.36	0.36	石家庄煤机厂 1976 年产品
单管天表	库存	14	12.75	12.75	0.46	0.46	
人孕	第一批	9	1.53	7.46	0.47	0.63	煤科院西安分院 湖南煤田局机厂
锯齿	第二批	3	19.84	19.84	0.43	0.43	
双管	合计	12	8.36	10.56	0.43	0.52	
人孕	第一批	3	7.29	14.94	1.01	1.51	西安、马鞍山 桂林等地厂家
锯齿	第二批	9	52.2	116.73	1.04	1.41	
绳钻	第三批	5	36.9	102.61	1.05	1.15	有两只可 继续使用
	合计	17	39.8	94.61	1.04	1.32	
最高值	绳钻	1	116.67	229.39	1.09	1.29	

收稿日期: 2002-11-15

作者简介: 张晓宏(1962—), 男, 汉族, 安徽省南陵人, 陕西省煤田地质局高级工程师, 钻探工程专业。

## 参考文献

[1] 詹军. 冲击机具的有限元优化研究[D]. 长春: 吉林大学, 2002.  
[2] 王国强. 实用工程数值模拟技术及其在 ANSYS 上的实践[M]. 西安: 西北工业出版社, 1999.  
[3] 曾景. 潜孔冲击器活塞寿命分析[J]. 世界采矿快报, 1998, 14(6): 34—36.

[4] 程火金, 刘永才, 石志儒. 活塞失效分析及提高寿命的途径[J]. 凿岩机械气动工具, 1996(4): 39—43.  
[5] 张进国, 吕英民. 碟形弹簧非线性特性分析有限元法[J]. 机械研究与应用, 1998, 11(2): 15—16.  
[6] 周毅锦, 李永生. 波纹管非线性特性有限元分析[J]. 南京化工大学学报, 1999, 21(4): 61—64.

## Research on the last impacting velocity of the piston of pneumatic DTH hammer by FEM

ZHAN Jun<sup>1</sup>, YIN Kun<sup>1</sup>, YU Qing-yang<sup>1</sup>, ZENG Jian-hua<sup>2</sup>

(1. The Construction Engineering College of Jilin University, Changchun 130026, China;

2. Tianjin Geologic Engineering Institute, Tianjin 300191, China)

**Abstract:** Last impacting velocity of the piston of pneumatic DHT hammer contacts nearly capability of pneumatic DHT hammer. FEM model of the piston is set up with FEM software ANSYS. Under different last impacting velocity, the stress and strain of the piston are analyzed. The conclusion is presented such as the stress of the piston increases with the increase of the last impacting velocity, but the change is nonlinear, and the last impacting velocity should be limited strictly.

**Key words:** pneumatic DHT hammer; piston; FEM; last impacting velocity