

反击式破碎机破碎力的动态计算与分析*

石秀东¹ 徐亚栋² 徐峰² 黄男男¹

(¹江南大学 机械工程学院,无锡 214122)(²南京理工大学 机械工程学院,南京 210094)

The dynamical analysis of the crashing force about impacting crusher

SHI Xiu-dong¹, XU Ya-dong², XU Feng², HUANG Nan-nan¹

(¹School of Mechanical Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

(²School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

【摘要】对反击式破碎机进行实体建模,应用 LS-DYNA 对其工作过程进行仿真计算与分析,得到了在破碎过程中各部件的受力状态;主要碰撞点的各部件应力分布;分析了转子体三个不同部位在破碎过程的应力变化,得到了其应力变化曲线。其结果将为反击式破碎机结构设计和改进提供依据。

关键词:反击式破碎机;接触碰撞;有限元;LS-DYNA

【Abstract】 Based on the finite element dynamic model of the impacting system, the crashing force and the stress on the impacting crusher structure were calculated by LS-DYNA, contemporary, the stress of key points of impacting crusher were researched. Otherwise, the stress tracks of the key points in the wheel were gained. The work of it is useful for the structure design of the impacting crusher.

Key words: Impacting crusher; Contact-impact; Finite element; LS-DYNA

中图分类号:TH16 文献标识码:A

1 前言

反击式破碎机在冶金、矿山、建材、化工、陶瓷、筑路等行业中有着广泛的应用,它将打击、反击、离心冲击、剪切、研磨等破碎原理有机结合在一起,使其能量得到充分、有效利用。为了提高其破碎能力和生产效率,设计有效、经济的破碎腔结构,需要对破碎机破碎力进行研究,研究破碎过程中破碎力的变化。

2 模型的建立和前处理

2.1 计算模型与网格划分

反击式破碎机的破碎系统由转子体、板锤、反击板、石块组成,破碎物料的过程可以看作是板锤与物料发生碰撞、物料与反击板发生碰撞这两个过程不断交替、不断反复的过程。其三维结构和装配关系,如图 1 所示。

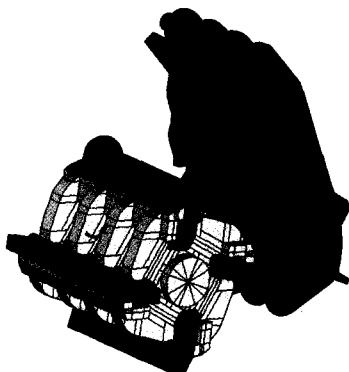


图 1 破碎系统的结构模型

为了对破碎过程进行动态计算与分析,首先需对几何实体进

行简化处理,其处理的原则为在不影响结构整体性能的前提下对几何实体上的倒角、螺栓孔等结构进行简化,这样有利于后续工作的进行;然后对几何实体进行网格划分,由于转子体、板锤、反击板形状比较复杂,为了提高网格质量和计算的准确性,先对各几何实体进行分区处理,把复杂的几何实体划分成许多易于进行六面单元划分的小区域,再进行网格划分。破碎系统的有限元模型,如图 2 所示。转子体、板锤、反击板和石块模型都采用规则的八节点六面体单元进行网格划分,各个部件划分网格后节点个数、单元个数统计,如表 1 所示。



图 2 破碎系统的有限元模型

表 1 破碎系统单元数和节点数统计

项目	转子体	板锤	反击板	石块
节点总数(个)	10534	16554	12106	997
单元总数(个)	7210	12240	8190	864

* 来稿日期:2008-01-20 * 基金项目:江苏省科技厅科技计划项目(07C02)

2.2 材料属性

转子体采用 16Mn 合金钢,板锤采用 40Cr 合金钢,反击板采用 16Mn 强化合金钢,材料属性都采用 Plastic Kinematic 材料模型;物料选用花岗岩材料参数,其属性采用弹脆性材料模型;单元属性设为常应变。

各项材料的具体属性,如表 2 所示。

表 2 材料属性

项目	转子体	板锤	反击板	石块
材料属性 $\rho(g/mm^3)$	Plastic Kinematic	Plastic Kinematic	Plastic Kinematic	Elastic+Add Erosion
材料密度	0.007850	0.007820	0.007900	0.0027
剪切模量 $G(MPa)$	1.0319E+5	1.0764E+5	1.0732E+5	21153.85
弹性模量 $E(MPa)$	2.6780E+5	2.7430E+5	2.7950E+5	55000
泊松比 μ	0.3	0.277	0.3	0.3
硬化模数	0.5	0.7	0.5	0
失效应力 $\sigma_s(MPa)$	800	850	800	130

2.3 界面接触定义

计算模型中,转子体与板锤、板锤与石块、石块与反击板、转子体与石块之间的界面接触均采用自动的面对面接触算法(AUTOMATIC SURFACE TO SURFACE CONTACT)。在确定各接触对之间的主从接触时,定义转子体与板锤之间:转子体为主接触、板锤为从接触;板锤与石块之间:板锤为主接触、石块为从接触;石块与反击板之间:石块为主接触、反击板为从接触;同时设定接触对之间冲击力文件输出参数为 1。在定义界面接触的各项参数中,定义转子体与板锤间的静动摩擦系数均为 0.15,其余两接触对间的动摩擦系数为 0.6。在接触高级选项卡中,定义接触刚度和接触深度分别为 0.1 和 0。

2.4 约束和加载

由于石块在整个破碎过程中都是自由的,因此对石块不施加任何位置约束;转子体通过转轴和轴承安装在机架上绕转轴做旋转运动,根据其安装和运动情况对转子体转动中心施加 X、Y、Z 三个方向的平移约束和 X、Y 两个方向的转动约束;反击板在整个破碎过程中都被固定住,对反击板的装配部分也施加 X、Y、Z 三个方向的平移和转动约束;板锤安装在转子上被两挡块紧卡在转子体上同时加上其自身的结构的作用,板锤只能随转子体一起绕转轴转动,对板锤施加轴向 Z 向的平移约束。

3 计算结果与分析

根据以上反击式破碎机的模型的建立和前处理,利用 LS-DYNA 进行动力学的计算与分析。反击式破碎机的物料破碎过程是:(1)先是板锤打击物料;(2)然后物料与反击板进行三次碰撞被破碎。

当高速旋转的转子带动板锤与物料发生冲击碰撞时,板锤与物料之间就产生瞬间的冲击作用,冲击力过物料与板锤的碰撞接触点,方向与碰撞接触面的法向一致。瞬间的应力云图,如图 3、4 所示。图中颜色深的部位为瞬间应力较大处,即图 2 中位置 1 处。



图 3 XY 平面内的 von mises 应力

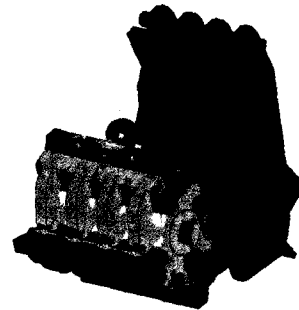


图 4 轴向的 von mises 应力云图

物料撞击一级反击板瞬间,由于物料与一级反击板的碰撞部位处于一级板的下部,从反击板的结构分析可以看出,物料与一级反击板碰撞瞬间,反击板上部的固定轴要承受较大的作用,因此反击板上部(即图 6 中位置 1 处)瞬间应力较大,如图 5、6 所示,物料与一级板碰撞瞬间反击板上的应力图可以清楚地看出瞬间应力的分布情况,且此刻应力最大值在物料与一级反击板接触碰撞瞬间。



图 5 一级撞击瞬间 XY 平面内的应力



图 6 一级撞击瞬间反击板轴向的应力

物料与二级板碰撞时的瞬间应力云图,如图 7、8 所示,从图中可以看出,位于二级板附近的结构上(即图 8 中位置 1 处)的瞬间应力

较大,且此刻应力最大值在物料与二级反击板接触碰撞瞬间。



图7 二级撞击瞬间XY平面内的应力



图8 二级撞击瞬间反击板轴向的应力

物料与三级板碰撞瞬间反击板上的应力分布情况,如图9、10所示。通过对应力分布情况的分析可以看出,物料与三级板碰撞瞬间的作用力对反击板整体结构的刚度影响较大,图10位置1和位置2处应力较大,且此刻应力最大值在物料与三级反击板接触碰撞瞬间。



图9 三级撞击瞬间XY平面内的应力

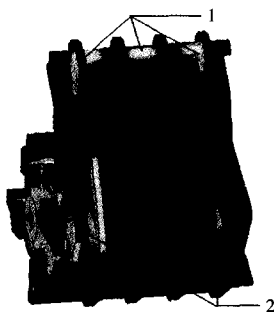


图10 三级撞击瞬间反击板轴向的应力

为了进一步研究转子体在整个破碎过程中其径向应力的变化情况,在转子体径向的三个不同部位选取三个单元,来分析计

算转子体不同径向位置处应力的情况。选取的三个单元在转子体径向的位置,如图11所示,在整个破碎过程中各单元的X和Y这两个方向应力值的变化,如图12、13所示。

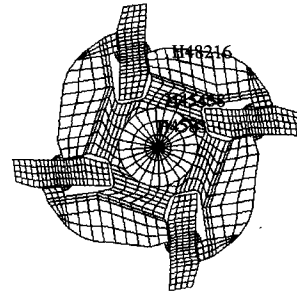


图11 在转子体不同径向位置选取的三个不同单元

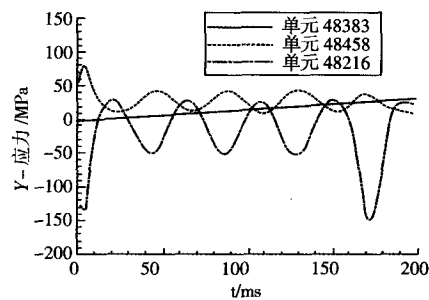


图12 整个破碎过程中X方向的应力变化

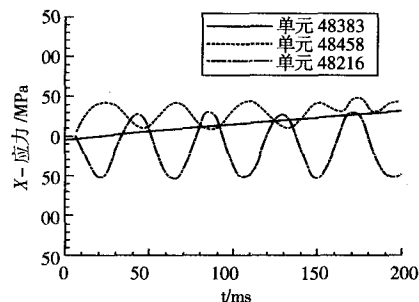


图13 在整个破碎过程中Y方向的应力变化

图12和图13中单元45458和单元48216在0ms~15ms时间段应力曲线突变是因为转子刚开始转动瞬间不稳定引起的,在160ms~180ms之间应力曲线变化是由冲击碰撞引起的,另外从上述两图中还可以清楚的看出转子体外边缘处单元的应力值较其他部位大,这是因为转子体外边缘处的单元所受离心力较其它地方大。

4 结束语

基于反击式破碎机的工作原理建立其接触碰撞的动力学有限元分析模型,通过LS-DYNA软件计算了整个破碎过程中各部件的受力过程;得到了主要碰撞点的各部件应力分布图,从图中得到各危险点的最大应力;分析了转子体三个不同部位在破碎过程的应力变化,得到了其应力变化曲线。这些将对反击式破碎机结构的设计和改进提供依据。

参考文献

- 1 房琳,薛英洲,孟祥韬. 基于仿真的反击式破碎机冲击时间的研究. 矿业工程,2006,4(6):50~53
- 2 张洪伟,张以都,张海,王庆. 反击式破碎机机架的协同仿真分析. 武汉理工大学学报,2006,28(6):110~112