

文章编号: 0253-9993(2009)06-0853-04

基于 ADAMS 的立轴冲击式破碎机转子载荷

张军明, 赵 方

(济南大学 机械工程学院, 山东 济南 250022)

摘 要: 在分析立轴冲击式破碎机结构和工作原理的基础上, 进行了转子的 Solid Works 三维建模. 通过将模型导入 ADAMS 中进行动力学仿真, 模拟破碎机在运转中物料的抛出过程, 得到了转子所受最大冲击力和平均冲击力随转速的不同变化, 说明降低最大冲击力的值和频率既需要考虑转子结构及相关参数的优化, 还要分析进料粒度均匀性的影响. 仿真结果表明, 转速是影响立轴冲击破碎机破碎质量和效率的重要因素, 破碎效果不总是随着转速的提高而提高; 1 450 ~ 1 750 r/min 是转子受力均衡, 能获得平稳运转的转速区间; 降低最大冲击力的值和频率既要考虑转子结构及相关参数的优化, 还要分析进料粒度均匀性的影响.

关键词: ADAMS; 立轴冲击式破碎机; 转子; 载荷

中图分类号: TD451 **文献标识码:** A

Study on rotor load of vertical shaft impact crusher based on ADAMS

ZHANG Jun-ming, ZHAO Fang

(School of Mechanical Engineering, University of Jinan, Jinan 250022, China)

Abstract: Based on the analysis of the structure and the working principles of the vertical shaft impact crusher, set up the three-dimensional modeling of the rotor in Solid Works. Through the importation of the 3D model into ADAMS for the dynamic simulation, simulated the throwing process of the materials when the crusher was in operation, then gotten the variation of the biggest and average impact force suffered by the rotor in different spindle speeds. Thus, reducing the value of the biggest impact and frequency need to consider both the structure of the rotor and the optimization of the related parameters and the impact of the feed particles uniformity. Simulation results show that the speed of the rotor is an important factor that impacts the crushing quality and efficiency of the vertical shaft impact crusher, but the crushing effect is not always rising with the speed increasing. 1 450 ~ 1 750 r/min is the speed range of the rotor, between which the rotor suffers balanced force and can gain stable operation. In addition, on reducing the value and frequency of the greatest impact, for one thing, the rotor structure and the optimization of the relevant parameters need to be taken into consideration, for another, the impact of the uniformity of the feed particle size should also be analyzed.

Key words: ADAMS; vertical shaft impact crusher; rotor; load

立轴冲击式破碎机是目前广泛运用于建材、煤炭、冶金和化工等部门的机型. 由于它能提供立方形石料, 可以满足建设用砂要求, 所以被用户公认为最有效的制砂设备.

收稿日期: 2008-06-30 责任编辑: 许书阁

基金项目: 山东省自然科学基金资助项目 (Y2007F40); 山东省重点学科基金资助项目 (XTD0713)

作者简介: 张军明 (1978—), 男, 山东潍坊人, 硕士研究生. E-mail: junmingzhang1978@163.com

转子作为立轴冲击式破碎机的主要工作部件,其状况如何不仅决定着破碎机的生产质量和效率,而且是直接影响破碎机的可靠性、使用寿命和成本的首要因素。对于我国目前所应用的立轴冲击式破碎机,强度已经不是影响其寿命的主要问题,最关键的问题是转子的磨损^[1]。像主轴振动大、甚至断裂、抛料头和流道衬板磨损过快等一直是困扰制造商和使用者的突出问题,而这些问题首先与转子所受的载荷有关,所以对转子本体的载荷研究至关重要。

1 破碎机的工作原理

立轴冲击式破碎机主要由转子、破碎腔、传动机构和机架构成。如图 1 所示,物料由入料口进入破碎机,经分料器将物料分成 2 部分:一部分由分料器中间进入高速旋转的转子(转速一般为 1 400~1 800 r/min)中,在转子内被迅速加速,靠转子表面摩擦力和导向板等的作用随转子转动,同时受离心力的作用向外抛射。从转子流道发射出来的物料形成连续的物料幕,几乎达到了转子边缘的线速度。被抛射的物料首先同由分料器四周自由落下的一部分物料碰撞破碎,然后一起冲击到涡动破碎腔内物料衬层上,被物料衬层反弹到涡动腔的顶部,改变运动方向后偏转向下运动。这样一块物料在涡动破碎腔内受到 2 次以至多次撞击、摩擦和研磨破碎作用。被破碎的物料由下部排料口排出,和循环筛分系统形成闭路,经多次循环,达到所要求的产品粒度^[2]。

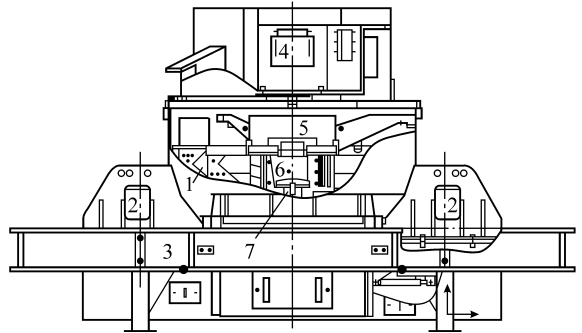


图 1 立轴冲击式破碎机结构

Fig. 1 The illustration of the vertical shaft impact crusher

1—破碎腔; 2—电机; 3—机架; 4—溢料装置;
5—进料装置; 6—转子; 7—主轴

2 破碎机转子的建模

立轴冲击式破碎机转子(以山特维克生产的 RP109)的结构主要由转子本体、主抛料头、副抛料头、耐磨夹板、上耐磨板、下耐磨板、分料锥、定位块、挡料板等 180 多个零件构成。在转子本体的内侧有 6 块挡料板,这种结构使得转子在加速物料的同时形成死料区以减少自身磨损,配合一定范围的转速,使物料的破碎过程发生在转子外部由物料自动形成的冲击墙上。

显然,对应于破碎机的正常工作状态,建模时,应当按照物料在转子内部形成料层以后的实际形状进行简化。简化后的转子模型内部呈圆柱状,物料与转子的接触由石子与金属的接触变为石子与石子的接触,而且,石料被转子加速后更容易抛出,这样能更好的模拟转子的实际工作过程。

以 Solid Works 为工具进行建模,并将 Solid Works 文件另存为 PARASOLID 格式导入 ADAMS 中,导入的模型如图 2 (a) 所示。

3 设定模型的参数及约束条件

3.1 材料的设定

因为简化后的转子模型内部呈圆柱状,物料与转子的接触由石子与金属的接触变为石子与石子的接触,所以设定简化后转子本体的内侧材料为石灰石。

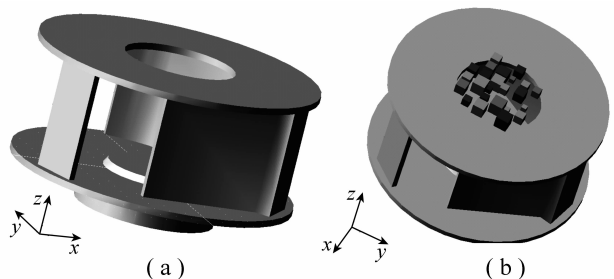


图 2 ADAMS 中转子的分析模型和加入物料后的模型

Fig. 2 The analysis model and the model of being filled with materials in ADAMS

由于在 ADAMS 中没有默认的石灰石属性, 所以将转子内侧的属性设定为弹性模量为 41 GN/m^2 , 密度为 1500 kg/m^3 , 泊松比为 0.3 来模拟石灰石的属性. 设定转子本体的外侧材料为钢, 弹性模量为 207 GN/m^2 ; 密度为 7801 kg/m^3 ; 泊松比为 0.29^[3]. 在 ADAMS 中转子的入料口处加入物料, 在实际工况中, 需要破碎的物料一般为不规则形状的石灰石, 入料粒度小于 55 mm, 故本文中增加简化尺寸为边长 20 ~ 50 mm 不等的立方体, 设定属性为石灰石属性. 在 ADAMS 中添加物料模型如图 2 (b) 所示.

3.2 旋转参数的设定

在模型和大地之间加一个铰链, 在铰链上设置一个旋转运动, 旋转方向为逆时针, 转速分别设为 1 400, 1 450, 1 500, 1 600, 1 700, 1 760, 1 780 和 1 800 r/min, 据此来模拟物料经过不同加速后在离心力和摩擦力的作用下被抛出的过程.

3.3 添加约束和接触

在转子本体的内侧 (材料为石灰石) 和外侧 (材料为钢) 之间加上锁定, 使它们在运动中成为一体. 在每一个物料上添加和转子本体的实体对实体接触, 接触力设为碰撞; 刚度设为 0.1 GN/mm ; 阻尼比设为 1.0×10^4 ; 穿透深度设为 $0.1 \mu\text{m}$; 摩擦力的设置按照库仑摩擦设置, 静摩擦因数设为 0.3, 动摩擦因数设为 0.1; 其余的按照 ADAMDS 的默认设置^[4].

4 仿真及结果

仿真时间为 1.5 s, steps 为 5 000. 确定这些参数的基本原则是在保证石料全部被抛出的前提下, 尽量节约时间, 并能提高仿真精度.

利用 ADAMS 软件并按照前述的模型参数级约束设定, 可以得到转速为 1 400, 1 500, 1 600, 1 700 和 1 800 r/min 时转子的总体受冲击力情况, 如图 3 所示.

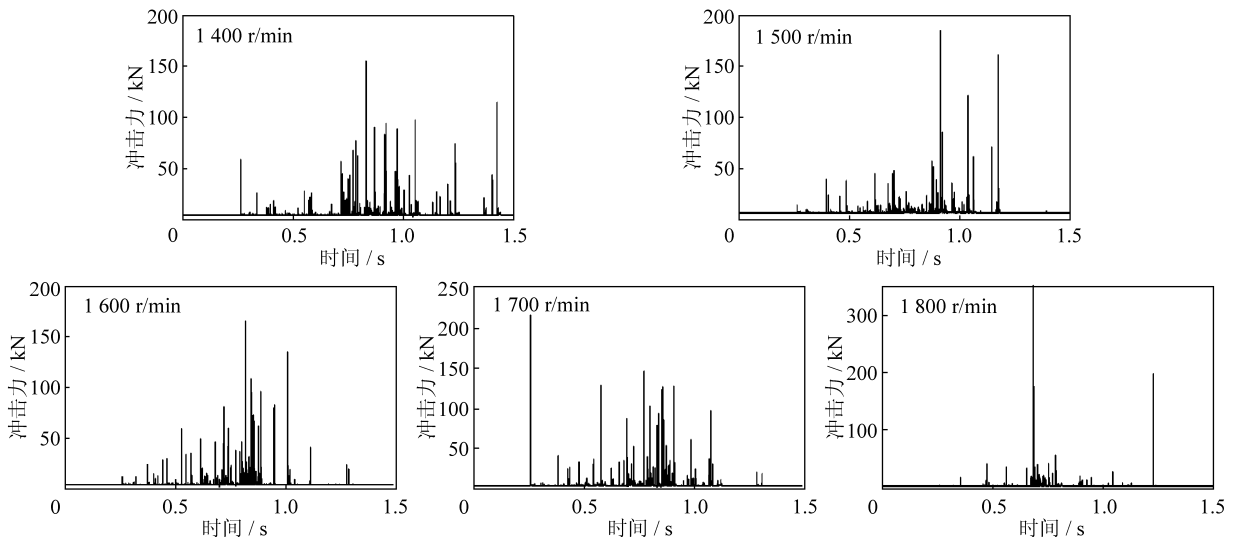


图3 转子在 1 400, 1 500, 1 600, 1 700 和 1 800 r/min 时所受的冲击力

Fig. 3 Impact force suffered by rotor in 1 400, 1 500, 1 600, 1 700, and 1 800 r/min

图 3 中, 每 1 次峰值都表示 1 次碰撞. 可以看出, 转子在 1 400 r/min 时碰撞次数最多, 石料被全部抛出所用的时间也最长, 为 1.44 s; 1 600 和 1 700 r/min 时相对比较平稳, 受的平均冲击力 (每次冲击力之和除以受冲击的次数) 也相差不大, 石料被全部抛出的时间也基本一致, 分别为 1.31 和 1.30 s; 在 1 800 r/min 时, 碰撞次数最少, 这可能是由于转速的增大, 石料未经过充分碰撞就被强大的离心力抛出转子, 虽然最大冲击力和平均冲击力是最大的, 但是除了最大值外其余的冲击力都比前几个转速的小, 石料被全部抛出的时间只有 1.22 s. 显然, 石料未经过充分的碰撞加速就被甩出转子, 其破碎效果会有不利影响. 这说明, 破碎效果不总是随着转速的提高而变好, 而且最大冲击力和平均冲击力很大还会加速转子及

轴承的磨损,长时间的冲击磨损会对转子本体的动平衡造成很大的影响.因此,合理的选择转速对于增加转子的寿命和提高破碎效率非常重要.

通过对 ADAMS 仿真的后处理,得到转子本体的最大冲击力和平均冲击力随主轴转速变化的曲线,如图 4 所示.由图 4 可看出,最大冲击力在转速 1 780 ~ 1 800 r/min 时相对增幅较大,在 1 400 ~ 1 780 r/min 时相对较平稳;平均冲击力在 1 400 ~ 1 450 r/min 和 1 780 ~ 1 800 r/min 时相对增幅较大,在 1 460 ~ 1 780 r/min 时相对较平稳;最大冲击力比平均冲击力高 2 个数量级,即物料对转子的瞬间冲击力很大.由此可知,1 450 ~ 1 750 r/min 是转子受力均衡,能获得平稳运转的转速区间;降低最大冲击力的值和频率非常必要,这既与转子结构及相关参数的优化有关,还要分析进料粒度均匀性的影响.

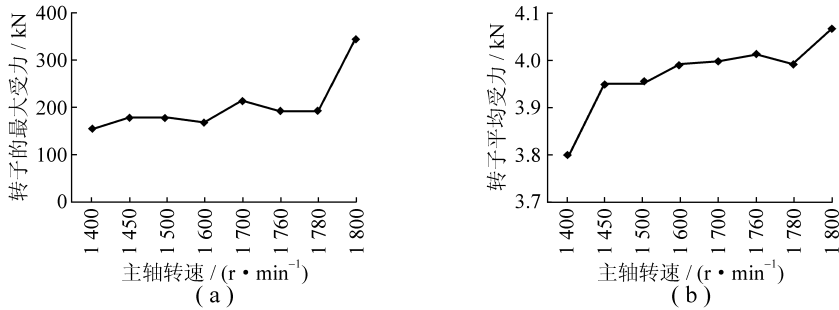


图 4 转子本体的最大冲击力和平均冲击力随主轴转速的曲线

Fig. 4 The biggest and average impact force of rotor body in different speeds

5 结 论

转速是影响立轴冲击破碎机破碎质量和效率的重要因素,但破碎效果不总是随转速的提高而提高.仿真结果表明,1 450 ~ 1 750 r/min 是转子受力均衡,能获得平稳运转的转速区间;此外,降低最大冲击力的值和频率既需要考虑转子结构及相关参数的优化,还要分析进料粒度均匀性的影响,值得进一步研究.

参考文献:

- [1] 郑鸣皋. 略谈制沙设备的开发 [J]. 矿山机械, 2000 (7): 18 - 22.
Zheng Mingao. Elementary introduction on development of sand equipment [J]. Mining & Processing Equipment, 2000 (7): 18 - 22.
- [2] 黎正辉, 刘邵星, 庞团结. 论立式冲击破碎机制砂工艺 [J]. 矿山机械, 2007 (7): 24 - 27.
Li Zhenghui, Liu Shaoxing, Pang Tuanjie. Discussion to sandstone manufacturing process with vertical impact crusher [J]. Mining & Processing Equipment, 2007 (7): 24 - 27.
- [3] 吴墩明, 岑豫皖, 罗 铭. 基于 ADAMS 的液压破碎机液压系统仿真 [J]. 安徽工业大学学报 (自然科学版), 2007, 24 (7): 288 - 292.
Wu Dunming, Cen Yuwan, Luo Ming. Hydromechanical combined simulation of hydraulic crusher based on ADAMS [J]. Journal of Anhui University of Technology (Natural Science Edition), 2007, 24 (7): 288 - 292.
- [4] 张 丹, 徐 越, 李 微, 等. 基于 ADAMS 的抛头装置的动力学分析 [J]. 中国铸造装备与技术, 2006 (6): 15 - 17.
Zhang Dan, Xu Yue, Li Wei, et al. Slinger head dynamic analysis upon ADAMS [J]. China Foundry Machinery & Technology, 2006 (6): 15 - 17.