

文章编号:1671-251X(2023)S1-0060-03

刮板输送机中部槽物料运输状况数值模拟

樊占文¹, 张强²

(1. 国家能源集团煤焦化有限责任公司, 内蒙古 乌海 016000;

2. 山东科技大学 机械电子工程学院, 山东 青岛 266590)

摘要:以 SGZ630/220 系列刮板输送机为研究对象,建立了刮板输送机中部槽物料运输模型,利用 EDEM 对刮板输送机中部槽运输煤料的流动状况和速度分量变化进行了数值模拟。仿真结果表明:当刮板输送机稳定运输煤颗粒后,半径较小的煤颗粒会堆积在下层区域,半径较大的煤颗粒则会堆积在上层区域,出现明显的分层现象;在刮板输送机运输方向上,不同粒径大小的颗粒速度都会经历一段时间的波动,最终稳定在刮板链速度附近。

关键词:刮板输送机;中部槽;物料运输;EDEM

中图分类号:TD528

文献标志码:A

Numerical simulation of material conveying condition in middle slot of scraper conveyor

FAN Zhanwen¹, ZHANG Qiang²

(1. CHN Energy Coal Coking Co., Ltd., Wuhai 016000, China; 2. College of Mechanical and Electronic Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China)

0 引言

“双碳”目标下,煤炭行业势必会迎来新一轮的技术转型与升级,将向着智能化、无人化的方向迈进。如何在节能和环境保护的基础上,有效提高煤矿开采效益,是当前煤炭行业面对的新课题。

近年来,许多学者对刮板输送机的物料运输进行了深入研究。许文馨^[1]、龚尚福^[2]等运用 Matlab 软件研究了卡链和断链条状态下的刮板输送机动力学性能。梁宝林等^[3]采用 ANSYS Workbench 对销轨进行了有限元计算,并对不同载荷作用在销轨上的应力应变进行了数值模拟。谢苗等^[4]采用 ADAMS 分析了刮板输送机链轮链环啮合的动态性能,为链轮传动机构的啮合及关键零件的优化设计奠定了基础。杨晓冰^[5]通过模拟和试验方法,对中部槽的动力载荷和抗磨性能进行了分析,为改进中部槽提供了理论依据。侯文平^[6]为解决环形链条的失效问题,以直径为 35 mm 的环形链条为例,通过模拟分析了环形链条的应力变化和疲劳寿命变化,并给出了相应的解决办法,从而减少了环形链条的故障发生率,提高了结构的强度和寿命。徐程兵^[7]

针对 CST 减速装置所承受的冲击载荷和振动效应,进行了 CST 减速装置的拓扑优化。赵海涛^[8]模拟了 GB420 型刮板输送机链条工作时的应力和应变,并与试验结果进行了对比,得到了圆环链的疲劳破坏规律,为其结构优化提供了理论依据。本文以 SGZ630/220 系列刮板输送机为研究对象,采用离散元法对刮板输送机中部槽物料运输特性进行研究,利用 EDEM 进行煤料运输数值模拟,探讨了中部槽运输煤料流动状况。

1 仿真设置

1.1 颗粒及颗粒工厂参数设定

本文设定了 3 种不同形态、粒度的颗粒模型,如图 1 所示。



图 1 煤颗粒模型

设定颗粒 1—3 的半径分别为 10, 20, 30 mm, 颗粒材质都是无烟煤,无烟煤材质泊松比为 0.3、剪切模量为 3.46×10^8 Pa、密度为 $1\ 540\text{ kg/m}^3$ 。

收稿日期:2023-07-11;责任编辑:盛男。

作者简介:樊占文(1969—),男,内蒙古乌兰察布人,工程师,主要从事煤矿开采技术、智能化研究及管理工作,E-mail:39134886@qq.com。

设定煤产生的区域是一个矩形落煤区域,刮板输送机的水平移动速度为 0.15 m/s。根据 SGZ630/220 系列刮板输送机的运输量 450 t/h(约 125 kg/s),设定颗粒 1—3 在颗粒工厂中的生成速度均为 33 kg/s,3 个煤颗粒在生成时的初始速度设定为-2 m/s(负号表示沿 Z 轴负方向)。其他参数均采用系统默认设置。

1.2 模型导入及参数设定

SGZ630/220 系列刮板输送机中部槽尺寸为 1 500 mm×630 mm×222 mm,刮板间隔 1 032 mm,两刮板链间隔 110 mm,圆环链带动刮板的运行速度为 1 m/s,因此将刮板输送机煤料运输简化模型(图 2)导入 EDEM 后,对刮板链实体添加一个直线运动,设定速度为 1 m/s,另外,设定中部槽和刮板链实体的材质均为钢,钢材质泊松比为 0.3、剪切模量为 7.9×10^{10} Pa、密度为 7 800 kg/m³。

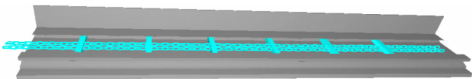


图 2 刮板输送机煤料运输简化模型

1.3 接触模式与接触参数设定

默认选择系统内预设的煤颗粒-煤颗粒接触模式为 Hertz-Mindlin(no slip),主要分析计算颗粒间的接触冲击。

在对中部槽煤颗粒运输状态的模拟仿真中,同样默认设定煤颗粒-几何模型的接触模式为 Hertz-Mindlin(no slip),主要分析计算颗粒与几何模型间的接触冲击。此外,在研究煤颗粒对中部槽的冲击磨损时,煤颗粒-几何模型的接触模式另外添加了 Archard Wear 和 Relative Wear。

煤颗粒-煤颗粒、煤颗粒-几何模型的接触参数见表 1。

表 1 接触参数			
接触类型	恢复系数	静摩擦因数	滚动摩擦因数
煤颗粒-煤颗粒	0.4	0.5	0.06
煤颗粒-几何模型	0.4	0.4	0.05

1.4 仿真运行参数设定

一般系统默认的瑞利时间步长不足以满足仿真要求,而瑞利时间步长在 20%~30%之间即可满足一般的仿真需求,瑞利时间步长越小,则计算机模拟仿真的精度、计算量越大。本文在研究中部槽煤颗粒运输状态中,综合考虑仿真速度和计算机性能等条件后,将瑞利时间步长设定为 25%,设定总的模拟仿真时间为 7 s;设定后处理模拟计算网格单元的边长为最小仿真半径的 3 倍,取值 30 mm。

2 仿真结果分析

设定刮板链网格的颜色为青色,颗粒 1 的颜色为红色,颗粒 2 的颜色为绿色,颗粒 3 的颜色为蓝色。通过观察可得 7 s 末,煤颗粒已经由中部槽末端落煤区被刮板链拖动到中部槽的前端,前端的煤颗粒呈现稳定运输状态,因此本文选择模拟仿真 7 s 时间点,对中部槽纵向、横向断面的煤颗粒运输状况进行研究,结果如图 3 所示。可看出当刮板输送机稳定运输煤颗粒后,半径较小的煤颗粒会堆积在下层区域,半径较大的煤颗粒则会堆积在上层区域。

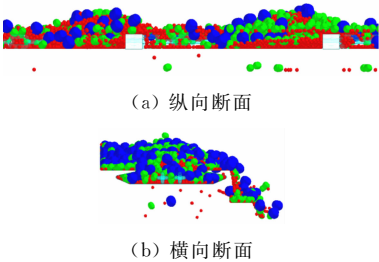


图 3 7 s 末中部槽纵向、横向断面的煤颗粒运输状况

在数据处理面板上,中部槽从下往上看,分别设定了颗粒 1、颗粒 2、颗粒 3 都显示,颗粒 1 单独显示,颗粒 2 单独显示,颗粒 3 单独显示这 4 种观察状态,4 种观察状态下煤颗粒沿刮板运动方向上的具体分布状况如图 4 所示。可看出在刮板运动方向上,颗粒 1 和颗粒 2 的分布比较集中,并在刮板前端处堆积,颗粒 3 始终是比较分散的。

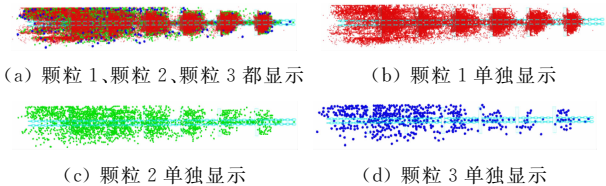


图 4 不同煤颗粒沿刮板运行方向的分布状况

煤炭在刮板链的拖动下在中部槽内移动时,半径较小的煤颗粒会集中聚集在刮板链前端及总煤颗粒的下层,这些细小的坚硬煤颗粒会在中部槽表面因堆叠而对金属板形成摩擦,即会给中部槽及刮板链造成一定的摩擦损伤。因此在设计刮板输送机结构时,要求中部槽、刮板链都具有高耐磨性。

通过数据处理面板导出颗粒在系统 Y 轴方向上(即刮板输送机运输方向上)的速度分量随时间变化的关系曲线,如图 5 所示。可看出不同半径的煤颗粒在由采煤机截割抛入刮板输送机中部槽后,在刮板输送机运输方向上的速度分量随时间的变化关系曲线走向大致相同,速度分量均在 0.7 s 以后经历了一定幅度的振动,然后逐步平稳,最终速度在 1 m/s 处小幅度波动。

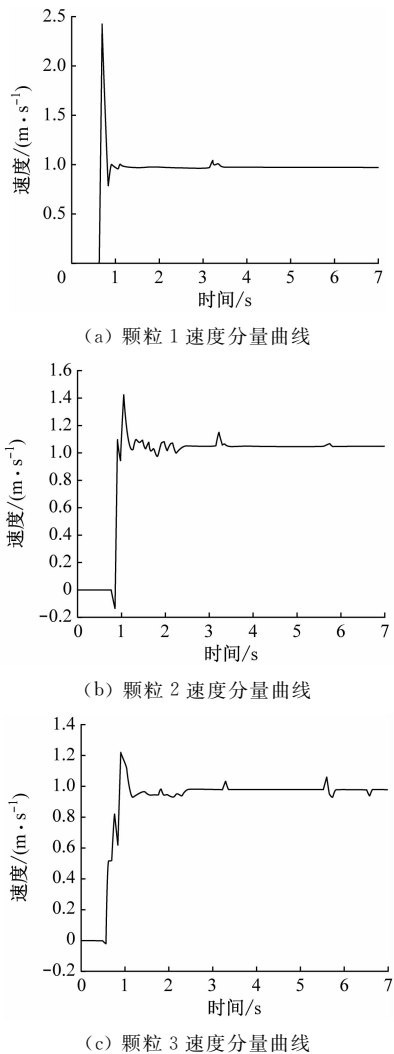


图 5 不同煤颗粒沿刮板输送机运行方向上的速度分量曲线

在数据处理面板上,将中部槽隐藏,刮板链以网格的形式显示,且不透明度设定为 0.1,同时设定刮板链网格的颜色为青色,3 种煤颗粒的显示状态被设定为向量显示模式,如图 6 所示,由之前的球状颗粒转换成箭头的向量形式。本文中设定了蓝色、绿色、红色 3 种基础颜色,依据煤颗粒速度对不同的煤颗粒向量添加对应的颜色:煤颗粒速度越大,向量显示为深红色;煤颗粒速度越小,向量显示为浅绿色;速度处于最大值与最小值之间的,由大到小向量依次显示红色→蓝色→绿色的中间色。

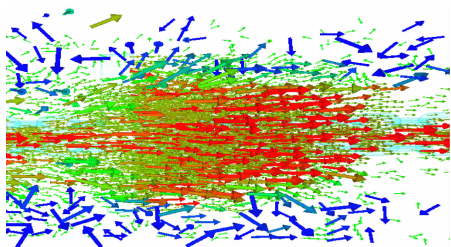


图 6 煤颗粒的向量显示模式

6 s 末煤颗粒群的速度向量分布状态(6 s 末落煤区的煤颗粒还没有完全落向中部槽,因此选择 6 s

末为研究对象)如图 7 所示。将图中的煤颗粒群划分成 3 个区:① I 段是落煤区,由图可见其中一些颗粒经采煤机滚筒截割后以一定的速度落入中部槽,同时落入中部槽内的颗粒掉落后又会反弹向上运动,速度大小因冲击有剧烈的波动,这个区域内煤颗粒的分布状况最为复杂、冲击也最为剧烈。② II 段是加速区,该区域内煤颗粒速度受刮板链的拖动而逐渐加快,另外,其速度也受刮板链的拖动而逐渐与刮板链速度趋于一致,速度大小存在小幅度波动。③ III 段是稳定区,该区域内颗粒大部分分布于刮板的前端,煤颗粒速度大小基本与刮板链速度相当,呈现出稳定运输的状态。

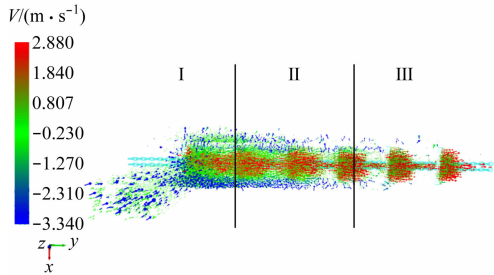


图 7 6 s 末煤颗粒群的速度向量分布状态

3 结语

对刮板输送机中部槽物料运输状况进行了模拟仿真,结果表明,刮板输送机在运输煤颗粒时,较小的颗粒分布在下层,较大的颗粒分布在上层,且在刮板输送机运输方向上,不同粒径大小的颗粒速度都会经历一段时间的波动,最终稳定在刮板链速度附近。

参考文献:

[1] 许文馨. 刮板输送机在冲击载荷作用下的动态特性研究[D]. 阜新: 辽宁工程技术大学, 2015.

[2] 龚尚福, 杨娜. 基于滑模控制的刮板输送机链条张力控制[J]. 工矿自动化, 2015, 41(2): 57-60.

[3] 梁宝林, 李军, 朱殿瑞. 基于有限元法的刮板输送机销轨受力分析[J]. 机械工程与自动化, 2016(3): 79-80.

[4] 谢苗, 李翠, 毛君, 等. 刮板输送机链轮链环啮合动力学分析[J]. 机械设计, 2017, 34(5): 58-64.

[5] 杨晓冰. 刮板输送机中部槽动态承载特性及耐磨性能研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2018.

[6] 侯文平. 关于提高刮板输送机圆环链疲劳强度的分析[J]. 机械管理开发, 2019, 34(8): 88-89.

[7] 徐程兵. SGB420/30 型刮板输送机减速箱体结构优化设计研究[J]. 机械管理开发, 2020, 35(10): 57-58, 61.

[8] 赵海涛. SG650 型刮板输送机链条结构强度分析[J]. 机械管理开发, 2021, 36(10): 137-139.