

水平摆振下环形巴西果分离效应模拟研究

赵磊 韩冰 郭柄江 于海川

(辽宁科技大学 机械工程与自动化学院 114051 鞍山)

摘要: 为了研究水平摆振下混合颗粒体系的分离行为及其机理, 利用离散单元法进行数值模拟, 对二元混合颗粒振动下的运动行为进行了研究, 观察到圆筒形容器内一种新的分离现象, 即“环形巴西果”分离。通过对比不同振动参数、不同区域内混合颗粒体系的运动特性, 分析了颗粒的整体流态、能量、离心力作用以及颗粒间的力链结构强度, 对混合颗粒的中心偏析、边界堆积以及整体分离行为, 揭示了“环形巴西果”分离构型的内在机理。结果表明: 频率为 1Hz、振幅为 160° 时, 混合颗粒出现“环形巴西果”分离现象; 频率为 3Hz、振幅为 40° 时, 混合颗粒出现“巴西果”分离现象, 且通过调整振幅和频率可以控制中心区域大颗粒偏析程度, 实现“环形巴西果”分离构型与“巴西果”分离构型之间的转换。

关键词: 混合颗粒; 水平摆振; 离散单元法; 环形巴西果效应

中图分类号: O347.7; O469 **文献标识码:** A **DOI:** 10.11776/cjam.37.02.C071

1 引言

颗粒物质体系是指直径在 $100\mu\text{m}$ 以上的颗粒通过相互作用所形成的离散体系, 具有离散性、复杂性、耗散性等特点^[1-3]。颗粒物质广泛存在于自然界, 与人类的日常生活生产密切相关, 比如自然界中的砂石、土壤、浮冰、积雪等, 日常生活中的粮食、糖、盐等, 工业生产中的矿石、药品、化工产品等, 都属于颗粒物质的范畴。可以说颗粒物质是地球上存在最多、与人类活动密不可分的物质类型之一^[4]。

人们对颗粒物质生产、储存和输送等的研究具有悠久的历史, 但是处理和控制在颗粒物质的技术远没有像处理流体那样自如, 一些关键技术尚不成熟, 导致了工业生产中能源的浪费^[5]; 与此同时, 泥石

流、山体滑坡和雪崩等自然灾害也日益威胁着人们的生命和财产安全^[6]。因此, 加强颗粒物质的理论研究对节约能源、促进经济发展, 增进对自然灾害的形成、演变和致灾机理的认知能力及调控水平具有重要的价值^[7]。

目前, 颗粒物质成为了凝聚态物理研究的热点之一。文献[8]首次利用数字图像方法, 分析了集中力作用下的二维钢珠颗粒体系, 最终获取了颗粒间接触力的大小和方向, 对真实颗粒的接触力进行了定量分析, 并发现了力链起源于颗粒外载荷加载位置, 向四周扩散从而形成力链网络。文献[9]通过实验研究了水平摆振下填充密度对单层颗粒分离行为的影响。结果表明, 填充密度(大颗粒和小颗粒在容器中所占的总面积与容器底面积的比值)越大, 大小颗粒的分离效果越好。文献[10]通过不同材料(玻璃、钢、塑料等)的单层干颗粒在水平摆振下的实验研究

基金项目: 国家自然科学基金(51775258)

收稿日期: 2018-12-03

修回日期: 2019-06-17

第一作者简介: 赵磊, 男, 1994年生, 辽宁科技大学, 硕士研究生; 研究方向——颗粒物质动力学。

通讯作者: 韩冰, 男, 1975年生, 博士, 辽宁科技大学, 教授; 研究方向——颗粒物质动力学、空化水喷丸技术。E-mail: Hanb75@126.com