

MS4711

CSTAM2013-A31-1599

## 非饱和颗粒介质土水特征曲线的离散元模拟

王晓亮, 李家春

中国科学院力学研究所流固耦合重点实验室, 北京 100190

提出一种“气泡液体重分布-颗粒受力折减”的计算方法解决上述问题, 首次将三维颗粒离散元模拟非饱和颗粒介质的能力扩展到环锁区和毛细区。应用该方法, 得到了三维颗粒介质完整的土水特征曲线。进一步, 模拟了砂土和粉土的土水特征曲线, 结果表明颗粒粒径是影响土水特征曲线的重要因素, 而颗粒级配的影响较小。

wangxiaoliang@imech.ac.cn

MS4713

CSTAM2013-A31-1600

## 基于离散元模拟的船体结构冰载荷分析

李紫麟<sup>1</sup>, 刘社文<sup>2</sup>, 季顺迎<sup>1</sup><sup>1</sup>大连理工大学工业装备结构分析国家重点实验室, 辽宁大连 116023<sup>2</sup>美国船级社大中华区海洋技术中心, 上海 200021

针对海冰与船体相互作用时的动力破坏特征, 采用扩展圆盘建立海冰的离散单元模型, 采用三角形单元构造船体结构; 采用扩展单元模型可以有效地模拟碎冰区的船体冰载荷; 当考虑单元的冻结作用时, 又可用于模拟平整冰与船体相互作用的现象。通过对每块浮冰与船体结构时的作用力确定船体总冰力, 并考虑海冰的类型、强度、速度等海冰因素, 船体外形、尺寸和刚度等结构参数, 在不同的航速下确定船体总体冰阻力。最后, 将碎冰区和离散冰区的船体冰载荷与现有数值和试验结果进行了对比分析。通过海冰与船体结构相互作用的离散元分析, 可为冰区船舶航行的安全运行和船体结构抗冰设计提供有力的参数依据。

274047907@qq.com

MS4715

CSTAM2013-A31-1601

## 颗粒和流体耦合模型及其在关节软骨损伤过程中的应用

洪俊

东南大学工程力学系, 南京 210018

以颗粒模型为基础, 将胶原蛋白离散成颗粒链结构, 和软骨细胞和蛋白聚糖共同形成颗粒密实结构。多个颗粒之间的孔洞形成“孔洞水”, 孔洞之间通过管道连接, 在外载荷作用下, 颗粒受到水的压力和其他颗粒挤压力共同作用, 超过颗粒链的强度极限, 链发生断裂, 导致软骨损伤。研究的主要目的是对关节软骨微观结构的破坏机理进行研究, 并对整个破坏过程进行数值仿真。

junhong@seu.edu.cn

MS4716

CSTAM2013-A31-1602

## 横向机械循环载荷下 CICC 横截面内超导电缆的力学特性

贾淑明, 王等明, 郑晓静

兰州大学西部灾害与环境力学教育部重点实验室, 兰州 730000

基于离散动力学模型, 系统分析了 CICC 横截面内超导电缆在横向机械循环载荷下的力学特性。通过建立类伺服机理的应力控制方法对 CICC 超导体施加了横向载荷, 从而在模型中实现了与已有实验类似的循环机械加载模

式。基于此模型模拟得到的首次循环加载下电缆体载荷-位移曲线与实验结果吻合较好。模拟结果显示, 多次循环加载作用下电缆体构型发生了明显的变化。经过分析可知, 电缆体中股线位置与电缆局部空隙率随循环加载次数会产生明显的变化, 从而使得其内部 6 个瓣形电缆子体内股线的面内变形表现出明显的非均匀性。此外发现, 电缆子体内部的股线在加载过程中的位置重排导致了其局部空隙率与初始状态相比明显降低, 而这正是引起电缆体在循环加载结束后存在塑性变形的的主要原因。随循环加载次数的增加, 电缆体由于受到压缩, 其内部空隙率逐渐降低, 股线的位置变化逐渐减弱, 电缆子体的弹性逐渐增强, 因此电缆体的塑性变形及机械损耗会逐渐趋于稳定。

jiasm11@lzu.edu.cn

MS4717

CSTAM2013-A31-1603

## 基于离散单元法的窄轨煤车卸煤特性研究

李勇俊<sup>1</sup>, 何佰传<sup>2</sup>, 陈晓东<sup>1</sup>, 季顺迎<sup>1</sup><sup>1</sup>大连理工大学工业装备结构分析国家重点实验室, 大连 116024<sup>2</sup>齐齐哈尔轨道交通装备有限责任公司技术中心, 齐齐哈尔 161002

采用离散元方法对卸煤过程进行数值分析, 由此确定相应的卸煤时间。为确定离散元模型在煤粉流动分析中的有效性, 首先采用煤粉在筒仓内的流动试验分析粒径和含水率对煤粉流动性能的影响, 并由此对离散元分析结果进行对比分析, 从而确定煤粉流动的离散元计算参数。在此基础上, 对窄轨卸煤车内煤颗粒的流动过程进行离散元分析, 并分析不同粒径与含水率对卸煤时间的影响。计算结果表明: 卸煤时间随着粒径增大而单调递增; 当含水量相对较低时, 受颗粒间吸附力的影响, 湿煤粉的流动特性明显低于干煤粉, 即卸煤时间随含水量的增加而增加, 流动性降低; 当含水量达到临界值  $W_c$  后, 煤粉的流动性又随着含水率的增大而增强。

18547149@qq.com

MS4720

CSTAM2013-A31-1604

## 一种连续介质单元转化为颗粒流的方法及其在岩土工程中的应用

Feng Chun<sup>1</sup>, Li Shihai<sup>1</sup>, Eugenio Onate<sup>2</sup><sup>1</sup>Key Laboratory for Mechanics in Fluid Solid Coupling Systems, Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China<sup>2</sup>International Centre for Numerical Methods in Engineering, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain

连续介质单元在分析材料弹塑性变形方面具有优势, 而颗粒流则适合模拟材料的失稳断裂及摩擦滑移过程。为了充分发挥两者的优势, 文章提出了一种连续介质单元转化为颗粒流的方法。该方法采用显式求解方式, 将研究区域用连续介质单元 (FEM 单元) 进行离散, 并在每个单元上引入强度随塑性应变弱化的 Mohr-Coulomb 模型及最大拉应力模型; 计算中当某个单元的黏聚力或抗拉强度减小为零时, 认为该单元已达到破坏状态, 将其删除后在原位置生成一等质量颗粒簇; 颗粒簇中每个颗粒的几何及力学信息从原有单元中继承, 其后该单元所在区域的非连续变形及失稳断裂由颗粒簇演化获得。为了计算颗粒簇与周围块体的接触力, 文章还提出了点-棱 (二

维)及点-面(三维)接触模型,通过法向及切向弹簧实现接触力的计算,并通过 Mohr-Coulomb 准则及最大拉应力准则实现接触弹簧的剪切及拉伸破坏。单轴压缩、巴西劈裂、边坡滑移等数值案例与实验或现场相符,表明了该方法在分析岩土材料失稳破坏方面的计算精度。

fengchun@imech.ac.cn

MS4722

CSTAM2013-A31-1606

宾汉姆流体的三维自由表面流动模拟:基于多松弛格子玻尔兹曼方法(MRT-LB Model)

张传虎,陈松贵,孙其诚,金峰

清华大学水沙科学与水利水电工程国家重点实验室,北京 100084

首先实现了模拟三维宾汉姆流体自由表面流动的算法,亦即采用数值稳定性更好地多松弛格子玻尔兹曼方法模拟宾汉姆流体,使用质量追踪法构建自由表面。进行了新拌水泥砂浆的坍落度试验,记录了坍落过程,测量了坍落后的最终砂浆形状。随后对坍落度试验进行了模拟,结果表明数值模拟的坍落过程与试验记录相符,坍落的砂浆最终形状与试验结果和理论结果均吻合较好,证明了算法能较为准确地模拟砂浆坍落过程。该算法进一步用于模拟自密实砂浆在 L 型槽以及堆石体构成的多孔介质中的流动填充过程,模拟结果为自密实砂浆配合比的优化以及浇筑过程提供了参考。最后,利用清华高性能计算平台进行并行计算,结果表明该算法具有较好的并行效率,显示了其应用于大规模实际工程问题的可行性。

zch07@mails.tsinghua.edu.cn

MS4723

CSTAM2013-A31-1607

基于颗粒体系热力学的平面剪切破坏数值模拟

费明龙<sup>1</sup>,孙其诚<sup>1</sup>,宋世雄<sup>1</sup>,周公旦<sup>2</sup>

<sup>1</sup>清华大学水沙科学与水利水电工程国家重点实验室,北京 100084

<sup>2</sup>中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所,成都 610041

基于 TGT 模型,使用有限体积法构建数值模型,可以实现对准静态加载条件下颗粒体系中的速度场、应力场、颗粒温度场等内部信息的演化过程的模拟。通过将该数值模型运用到平面剪切的模拟中,很好地再现了颗粒体系在平面剪切条件下,从静止到加载破坏过程中的力学行为。可以看出,TGT 模型提供了一个刻画研究颗粒体系力学行为的统一框架。

feiml11@mails.tsinghua.edu.cn

MS4724

CSTAM2013-A31-1608

颗粒材料二阶计算均匀化方法

李锡夔,梁元博,张雪,段庆林

大连理工大学工业装备结构分析国家重点实验室,大连 116024

提出梯度 Cosserat 连续体的广义 Hill 定理,以指定宏观多尺度分析的 downscaling 规则。表征元微结构演变与响应的上传(upscaling)反馈宏观局部响应量和导出基于细观信息并计及微结构演变的宏观高阶 Cosserat 连续体的非线性率本构关系。为实现在二阶计算均匀化框架下的有限元-离散元全局-局部嵌套算法,发展基于 Hu-Washizu 广义变分原理的梯度 Cosserat 连续体混合元过程,构造了相应的通过分片试验的混合元。数值例题结果显示了梯度 Cosserat 连续体在捕捉尺寸效应和揭示其离散颗粒集合体微结构机理方面的能力;以及显示了所发展有限元-离散元全局-局部嵌套算法模拟宏观应变软化和局部化现象的能力,而无需指定宏观唯象本构模型和材料破坏模型,同时揭示了颗粒材料结构宏观破坏的微结构机理,即颗粒间可观的“滑移屈服”发展和随之而发生的颗粒间接触丧失。

xikuili@dlut.edu.cn