

## 研究综述

## 泡沫铝本构行为研究进展 (603–622, doi: 10.6052/0459-1879-20-020)

贾然, 赵桂平

泡沫铝是一种集结构性和功能性于一体的新型材料. 国内外研究人员通过大量的试验研究及深入的理论分析, 提出了多种泡沫铝本构模型. 本文首先简要概述泡沫铝力学性能的试验研究及有限元数值分析的进展, 然后重点综述泡沫铝本构模型的国内外研究进展及现状. 最后, 针对目前存在的问题, 讨论并展望了泡沫铝本构模型的研究发展趋势.



## 环境力学专题

## 基于巴西盘试验的海冰拉伸强度研究 (625–634, doi: 10.6052/0459-1879-20-036)

陈晓东, 崔海鑫, 王安良, 季顺迎

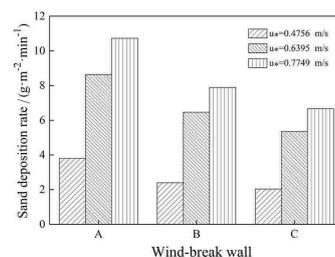
采用巴西盘劈裂试验对海冰的拉伸强度进行测试, 在试验在试样制备与加载上具有明显的优势. 为验证试验可行性, 对辽东湾沿岸的粒状冰开展了系统的巴西盘劈裂试验研究. 试验表明孔隙率对拉伸强度的影响较为明显. 此外, 巴西盘劈裂试验中海冰试样的破坏模式与试验结果均较为合理, 可成为海冰单轴拉伸强度的有效测试方法.



## 大风区铁路沿线挡风墙积沙机理及优化措施的风洞实验研究 (635–644, doi: 10.6052/0459-1879-20-045)

辛国伟, 黄宁, 张洁

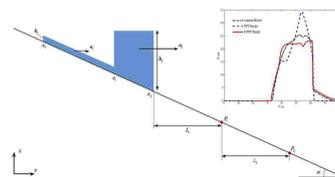
大风对铁路的安全运输造成很大危害, 挡风墙是降低风害的有效手段, 但也带来了线路积沙问题. 本文对单道挡风墙 (A) 及其背风侧坡顶 (B) 和坡脚 (C) 设置第二道挡墙, 共计 3 种情景的风洞实验. 发现设置第二道挡墙后距轨道高 0.1 m 处的沙粒水平速度、数密度、输沙通量及沉积率较无第二道挡墙时明显减少, 介于 8%~12%、51%~69%、20%~73% 及 26%~38%, 而且在背风侧坡顶增设第二道挡墙的效果更好.



## 梯级坝溃坝洪水洪峰增强机制 (645–655, doi: 10.6052/0459-1879-20-044)

黄灿, 刘青泉, 王晓亮

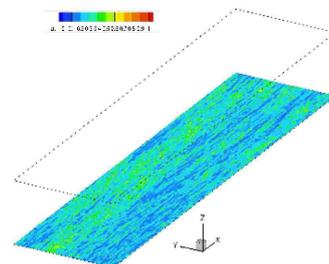
梯级坝溃坝诱发的洪水大大超过单坝溃坝洪水, 该增强机制一直没有被很好解释. 本文研究表明“射流-水塔”机制是梯级坝溃坝洪水增强的主要机制, 即上游溃坝诱发的洪水大大增加下游水库的质量和动量, 形成一个带动量的水塔, 同时在尾部残留一个动量较大的射流, 不断补充下游坝体溃决后水塔的质量和动量, 持续维持洪峰高度.



## 高雷诺数湍流风场大涡模拟的并行直接求解方法 (656–662, doi: 10.6052/0459-1879-20-052)

包芸, 习令楚

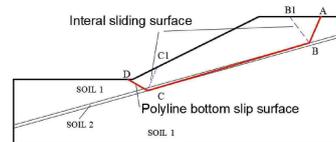
风场是风沙流等自然环境特性研究问题之一, 通常采用大涡模拟进行计算. 采用水平网格等距而垂向网格非等距, 在面对规模并行计算中求解压力泊松方程的难点时, 利用 FFT 解耦三维泊松方程并利用可并行的三对角方程 PDD 求解技术, 本文建立风场 LES 模拟的并行直接求解方法. 在超级计算机上并行计算效率达到 90%. 计算结果表明风场湍流特性基本合理.



边坡稳定分析的虚功率法 (663-672, doi: 10.6052/0459-1879-20-040)

吴梦喜, 杨家修, 湛正刚

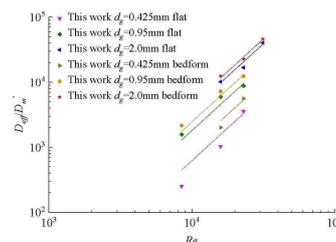
基于机动许可的组合刚体滑动机构和有限元应力场, 提出了用速度间断面上的抗滑力功率和与滑动力功率和的比值计算边坡抗滑稳定安全系数计算的新公式. 采用分步优化方法, 求边坡最危险滑动机制和稳定安全系数. 对 2 个典型折线滑动机构的边坡案例进行了分析, 并讨论了应力场静力平衡与静力许可对安全系数结果的影响.



粗糙床面物质交换特性及其主导机制实验研究 (673-679, doi: 10.6052/0459-1879-20-037)

樊靖郁, 陈春燕, 赵亮, 王道增

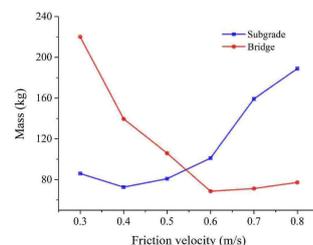
通过实验室环形水槽实验, 测量得到平整底床和存在离散粗糙元床面条件下, 泥-水界面物质交换通量和有效扩散系数的定量数据和变化特征, 采用参数化方法分析界面物质交换特性的主导机制. 与平整底床相比, 离散粗糙元局部绕流结构驱动的附加泵吸交换不同程度增大了有效扩散系数, 存在床面微地形粗糙底床的主导界面物质交换机制与底床渗透率和床面粗糙度的综合影响密切相关. 随底床渗透率和床面粗糙度的增大, 湍流渗透对界面物质交换的影响趋于增强, 而泵吸交换的相对贡献趋于减弱.



沙丘背风侧不同铁路结构形式对风沙环境的适应性分析 (680-688, doi: 10.6052/0459-1879-20-043)

王文博, 黄宁, 顿洪超

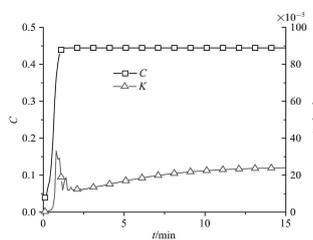
风沙灾害会对铁路工程及其正常运营产生严重威胁, 本文以敦煌至格尔木铁路沙山沟段落为研究对象, 采用多相流的方法对越过沙丘的风沙运动过程进行数值模拟. 结果表明铁路表面的积沙量与摩阻风速呈现出非线性关系, 路基工程沙粒沉积的增加速度大于风蚀能力的增加速度, 而桥梁工程则正好相反.



再悬浮底泥中非吸附性污染物释放的数值模拟 (689-697, doi: 10.6052/0459-1879-20-047)

程鹏达, 朱心广, 冯春, 王晓亮

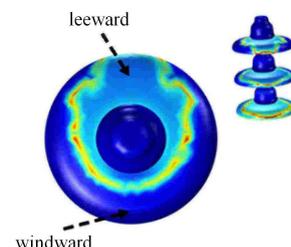
湖库底泥再悬浮污染是造成水体二次污染的重要因素. 本文基于实测数据, 建立上覆水体-底泥-污染物的耦合力学模型, 数值模拟底泥起动再悬浮过程以及污染物释放过程. 对于非吸附性污染物, 底泥起动后复杂的流场特性是底泥再悬浮污染物释放的主要影响因素, 对流扩散和湍流扩散作用在污染物输运过程贡献不同.



非均匀积污下高压绝缘子电位及电场分布特性 (698-706, doi: 10.6052/0459-1879-20-042)

毛东, 唐秋明, 高强

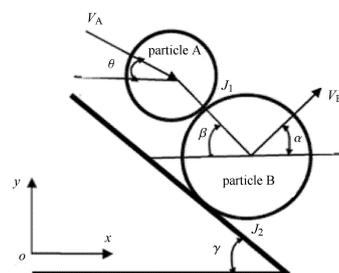
由于雾霾和沙尘等天气的频繁出现, 容易发生污闪事故. 将高压绝缘子污闪发生的主要过程-绝缘子的动态积污和表面电场畸变过程进行耦合分析, 探究污闪发生的机理. 对绝缘子动态积污过程进行数值模拟, 研究由此生成的非均匀积污层的绝缘子串的电位及电场分布. 结果表明: 在积污层非均匀分布情况下, 电场强度大于清洁绝缘子表面的场强, 背风面的场强畸变最大.



基于碰撞模型的斜坡滚石颗粒速度预测 (707-715, doi: 10.6052/0459-1879-20-039)

魏新容, 段绍臻, 孙金龙, 王文达

本文由冲量及冲量矩定理对滚石斜坡碰撞过程进行建模, 得到了含有影响滚石斜坡碰撞过程的 6 个随机因素的碰后反弹速度解析解. 结果表明: 斜坡滚石碰撞后反弹速度受随机因素的影响; 碰后反弹速度和角度以及反弹旋转角速度的概率分布均服从高斯分布; 坡体上被碰颗粒速度和坡角变化对概率分布定性上没有影响, 对中心参数有显著影响.

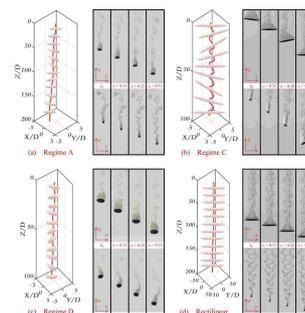


流体力学

细长椭球体在水中自由下落的运动特性实验研究 (716-727, doi: 10.6052/0459-1879-20-005)

詹军, 张杰, 阳倦成, 倪明玖

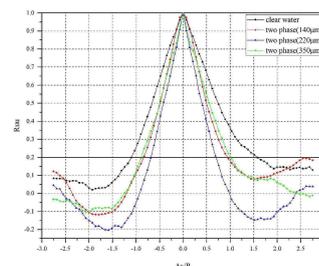
本文主要利用包含两台高速摄像机的追踪平台以及荧光染色技术详细地研究了不同纵横比的细长椭球体在水中自由下落的运动特性, 在实验过程中共发现了如图中所示的 4 种典型运动状态 (小振幅不规则运动、Z 字形运动、高度非线性运动、直线运动) 以及对应的尾涡结构演化过程.



固体颗粒对半球扰动尾迹影响的实验研究 (728-739, doi: 10.6052/0459-1879-19-353)

张艳涛, 孙姣, 高天达, 范赢, 陈文义

本文对清水和加入 140 μm, 220 μm, 350 μm 固体颗粒工况下半球粗糙元诱导尾迹结构进行实验研究. 湍流强度增大并在回流区前后呈现两种变化趋势; 颗粒促进了大尺度涡旋结构的形成导致脱落频率增大, 并随着粒径增大先增大后减小. 颗粒使流向相关尺度减小, 并随着粒径增大减小程度先增大后减小. 颗粒存在促进尾迹尾迹结构的周期性加速和减速运动.

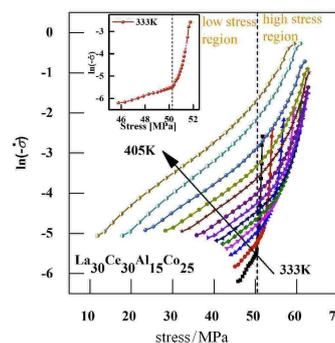


固体力学

La<sub>30</sub>Ce<sub>30</sub>Al<sub>15</sub>Co<sub>25</sub> 金属玻璃应力松弛行为 (740-748, doi: 10.6052/0459-1879-20-013)

陈迎红, 王云江, 乔吉超

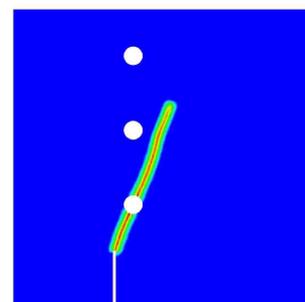
基于 Kohlrausch-Williams-Watts (KWW) 方程的分析表明, 金属玻璃应力松弛为动态不均匀过程; 热动力学分析发现 La<sub>30</sub>Ce<sub>30</sub>Al<sub>15</sub>Co<sub>25</sub> 金属玻璃应力松弛存在显著的双阶段行为, 即从高应力条件下以应力驱动为主导的松弛行为, 向低应力下以热激活为主导的松弛行为发生转变. 通过激活能谱模型分析表明, 应力松弛单元的激活并非均匀, 而是存在能量上的起伏, 具有动力学不均匀性.



基于一类非局部宏-微观损伤模型的裂纹模拟 (749-762, doi: 10.6052/0459-1879-19-319)

卢广达, 陈建兵

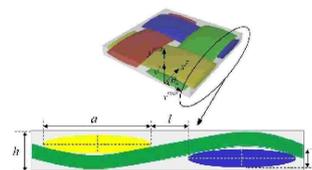
结合近场动力学和统一相场理论的基本思想, 在作者提出的一类非局部宏-微观损伤的基础上改进了微观损伤准则, 并给出损伤的  $\bar{\lambda}-\ell$  语言以刻画固体破坏过程中位移场的不连续程度. 在改进模型中, 首先根据两物质点 (即物质点对) 之间的变形量, 基于相对临界伸长量的历史最大超越程度, 给出表征物质键性能退化的微细观损伤. 进而, 对影响域内的物质键损伤进行空间局部加权平均, 获得宏观拓扑损伤. 通过引入能量退化函数, 建立基于能量的损伤与宏观拓扑损伤之间的关系, 由此将其嵌入连续损伤力学基本框架, 形成了问题求解的基本方程. 该模型是一类非局部化模型, 可采用有限单元法进行离散求解, 避免了经典局部损伤力学所面临的网格敏感性问题. 进一步将其应用于具有强非线性回弹特性的裂纹扩展模拟问题. 实例分析表明, 本文方法不仅可以把握裂纹扩展模式, 而且能够定量刻画裂纹扩展过程中的荷载-变形关系. 最后指出了需要进一步研究的问题.



平纹机织碳纤维复合材料的多尺度随机力学性能预测研究 (763-773, doi: 10.6052/0459-1879-20-002)

许灿, 朱平, 刘钊, 陶威

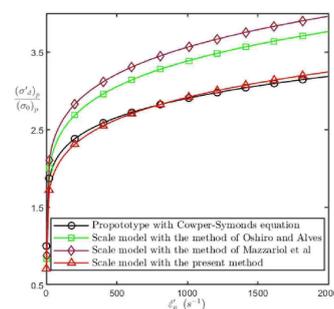
本文提出了基于混沌多项式展开和 Vine Copula 的平纹机织复合材料多尺度随机力学性能预测方法, 综合考虑了微观及介观尺度的材料、结构随机参数, 基于自下而上层级传递的策略逐尺度地研究力学性能不确定性. 该方法采用 Vine Copula 理论构造相关随机变量的高维联合概率分布, 并运用非嵌入式混沌多项式展开实现不确定性传递.



结构冲击畸变问题的直接相似方法研究 (774-786, doi: 10.6052/0459-1879-19-327)

王帅, 徐绯, 代震, 刘小川, 李肖成, 杨磊峰, 惠旭龙

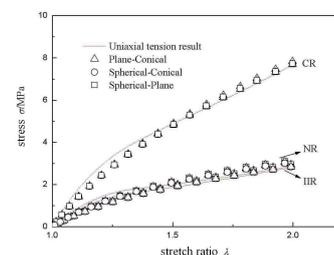
针对结构受冲击时不同材料引起比例模型与原型的畸变, 基于应变率区间上流动屈服应力动态最佳逼近关系, 提出了一种直接相似方法. 相比以往同类方法, 本文提出的相似方法预测精度明显提高, 如图所示. 进一步分析了 Norton-Hoff、Cowper-Symonds、Johnson-Cook 三种经典的材料本构模型, 发现相较于密度、屈服应力和参考应变率材料参数, 应变率敏感性控制着动态逼近效果.



基于能量密度等效的超弹性压入模型与双压试验方法 (787-796, doi: 10.6052/0459-1879-20-023)

张希润, 蔡力勋, 陈辉

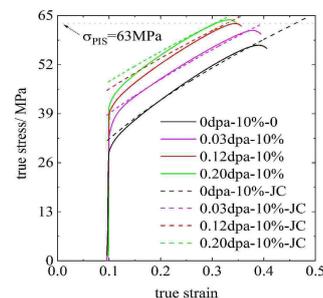
本文基于能量密度中值等效原理, 提出了描述球、平面、锥三类压头独立压入下载荷、深度、压头几何尺寸和 Mooney-Rivlin 本构关系参数之间关系的半解析超弹性压入模型 SHIM, 并依此提出了用以获取超弹性材料 Mooney-Rivlin 本构关系的双压试验方法. 通过有限元分析以及对 3 种材料压入结果和拉伸试验结果比对, 验证了模型的正确性和准确性.



预应变对 neutron 辐照高纯铝拉伸性能的影响 (797–804, doi: 10.6052/0459-1879-19-370)

叶想平, 段志伟, 俞宇颖, 耿华运, 李雪梅, 胡凌, 蔡灵仓, 刘仓理

基于 10% 预应变高纯铝的准静态拉伸形变和断裂特性随辐照剂量的变化规律, 及其微观机理研究结果表明: 1) 预应变能够通过降低孔洞的尺寸和数密度, 结合辐照退火效应, 抑制屈服强度增长率和失稳应变降低率的升高; 2) 基于 J-C 本构关系的中子辐照退火态金属材料的脆化模型能够很好的应用于预应变材料, 且退火态和预应变材料的模型参数相同。

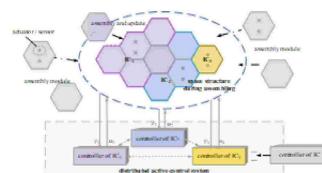


动力学与控制

在轨组装空间结构面向主动控制的动力学建模 (805–816, doi: 10.6052/0459-1879-19-375)

王恩美, 邬树楠, 吴志刚

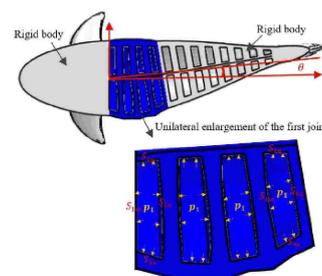
针对在轨组装结构尺寸逐渐增长、不易建立动力学模型问题, 开展了在轨组装空间结构面向主动控制的动力学建模方法研究. 该方法可高效地建立构型多样的在轨组装空间结构模型, 描述组装过程中离散渐变的动力学特性; 建立的智能组件动力学模型, 可随在轨组装实现自适应地限定范围更新, 适用于在轨组装结构的分布式主动控制系统设计。



两关节压力驱动柔性仿生机器鱼的设计与仿真 (817–827, doi: 10.6052/0459-1879-20-001)

教柳, 张保成, 张开升, 赵波

为研究一种模仿鲭科鱼类游动姿态的仿生鱼, 设计了一种采用液压柔性驱动的两关节仿生鱼. 为使仿生鱼实现理论 S 型摆动, 借助数值模拟计算施加在柔性驱动器内部的压强载荷大小, 并分析计算液压柔性驱动器的驱动效率. 应用有限元分析软件计算模拟仿生鱼在流体中自主游动, 分析得到两关节机器鱼游动性能优于单关节机器鱼的结论。

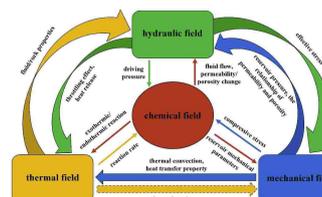


生物、工程及交叉力学

天然气水合物开发多物理场特征及耦合渗流研究进展与建议 (828–842, doi: 10.6052/0459-1879-20-050)

李淑霞, 郭尚平, 陈月明, 张宁涛, 武迪迪

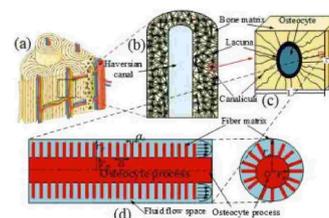
本文总结了水合物储层的孔隙度、渗透率、水合物饱和度等基础性参数及其动态演变, 简述了含水合物沉积物的热力学、生成和分解动力学、力学性质等目前的研究成果及今后的研究建议, 并对水合物开采渗流的多场耦合渗流特征进行综述, 提出了今后相关科学研究、技术开发的有关建议。



骨陷窝-骨细胞形状和方向对骨单元内液体流动行为的影响 (843–853, doi: 10.6052/0459-1879-19-357)

于纬伦, 武晓刚, 李朝鑫, 孙玉琴, 张美珍, 陈维毅

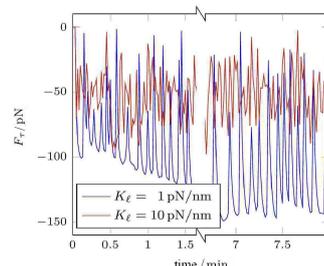
这项研究利用骨陷窝-骨细胞的密度, 形态和方向等参数来计算骨单元内液体的流动行为. 首先, 计算出不同形状和方向的骨陷窝周围骨小管的数量及分布情况以及骨组织其他微结构参数, 然后根据计算所得的参数建立骨单元的多孔弹性力学有限元模型, 并分析了在轴向位移载荷作用下骨陷窝形状和方向对骨单元内液体渗流行为的影响。



悬浮态上皮细胞粘附的力学-化学耦合模型及数值模拟 (854-863, doi: 10.6052/0459-1879-20-011)

冯世亮, 周吕文, 吕守芹, 龙勉

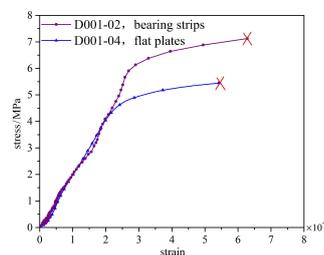
采取力学-化学耦合数值模拟考察上皮细胞建立粘着连接的动力学过程. 验证了马达分子收缩调控粘附分子键的结合与解离, 从而使得细胞皮层张力呈现周期性“加载-失效”行为. 皮层拉伸刚度较低可延长粘附分子的成键寿命, 有利于开启力学反馈回路以便局部募集粘附分子. 粘着连接随着皮层张力提升而愈渐成熟.



不同加载边界下混凝土巴西劈裂过程及强度的 DIC 实验分析 (864-876, doi: 10.6052/0459-1879-19-303)

徐纪鹏, 董新龙, 付应乾, 俞鑫炉, 周风华

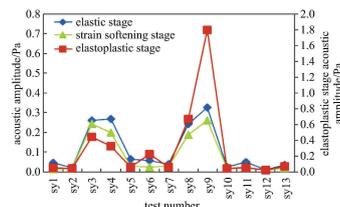
混凝土拉伸非线性特性导致的应变集中演化对不同加载条件非常敏感, 平板加载时应变集中较早地在加载端起始并向中心演化, 即使满足巴西实验“中心起裂”条件, 其强度仍低于垫条加载情况, 两者差别达17.9%, “中心起裂”有效性条件是不充分的, 设计时必须谨慎考虑.



土剪破坏次声监测试验研究 (877-889, doi: 10.6052/0459-1879-19-253)

陈乔, 张阔, 陈吉龙, 张少杰, 吕君, 周儒夫, 韦方强

实验研究发现: 剪切力与次声信号之间存在较强的相关性, 次声事件的峰值包络线与剪切力趋势线相当吻合, 并且次声信号的均方功率峰值都在推力峰值之前, 提前的时间分布在 2.30~47.11 s, 平均提前为 22.95 s. 该结论可为土质滑坡次声预警模型研究提供理论参考, 具有重大意义和工程应用价值.



流变岩体中让压支护作用下隧道力学行为研究 (890-900, doi: 10.6052/0459-1879-20-006)

吴奎, 邵珠山, 秦溯

针对流变岩体中深埋圆形隧道在让压支护作用下的力学响应问题, 基于分数阶微积分理论, 采用改进的伯格斯蠕变模型表征围岩的时效变形; 通过在让压支护不同变形阶段引入刚度修正系数, 克服了传统支护未能考虑围岩变形释放的问题; 推导了在考虑支护延迟安装影响下, 不同变形阶段围岩与让压支护相互作用的解析解.

