文 章 导 读

机器学习在力学模拟与控制中的应用专题

物理增强的流场深度学习建模与模拟方法 (2616-2629, doi: 10.6052/0459-1879-21-373) 金晓威,赖马树金,李惠

深度学习预测的流场需满足流体物理规律,物理增强的流场深度学习建模与模拟方 法正逐渐成为流体力学全新研究范式:根据流体物理规律选取网络输入特征或设计网络 架构的方法称为物理启发的深度学习方法,直接将流体物理规律显式融入网络损失函数 或网络架构的方法称为物理融合的深度学习方法.研究内容涵盖降阶模型、方程求解 领域.

复杂流动中的智能颗粒游动策略研究进展 (2630-2639, doi: 10.6052/0459-1879-21-402) 印敬然, 赵立豪

微生物、浮游生物和微纳机器人等微小的游动颗粒能够在复杂流动中以特定策略运动.由于颗粒运动学特性和流场环境的复杂性,探索智能颗粒的运动策略具有较大难度. 近期,强化学习算法被广泛应用于智能颗粒的运动策略研究.本文将介绍强化学习在智能颗粒 研究中的应用及相关进展,包括适用于浮游生物的游动颗粒模型以及强化学习研究 框架.

基于基因表达式编程的数据驱动湍流建模 (2640-2655, doi: 10.6052/0459-1879-21-391) 赵耀民, 徐晓伟

文章介绍了采用基因表达式编程方法发展数据驱动湍流模型的一系列工作. 在该方法的基础上, 我们发展了图中所示的 CFD 与机器学习双向耦合的湍流模型训练方法. 在模型训练的迭代过程中, 一方面将 GEP 算法给出的候选模型应用于实际 RANS 计算, 并依据收敛后的 RANS 流场设置损失函数; 另一方面这些损失函数被返回给机器学习算法, 以判断候选模型的优劣. 这种方法得到的模型还被证明具有较好的后验测试精度和鲁棒性.

基于离散单元法和人工神经网络的近壁颗粒动力学特征研究 (2656-2666, doi: 10.6052/0459-1879-21-313) 段总样, 赵云华, 徐璋

本文基于离散单元法(DEM)数值模拟滚筒内颗粒运动,统计分析不同摩擦系数下近 壁颗粒的速度分布特征,并计算颗粒滑移速度 V_{slip}、平动温度 T 和旋转温度 Ø. 进而采用 人工神经网络(ANN)获得近壁颗粒无因次旋转温度 2.5Ø/T 的预测模型. 结合颗粒动力学 理论推导,可在常规壁面边界条件中考虑颗粒旋转效应.

基于人工神经网络的亚格子应力建模 (2667-2681, doi: 10.6052/0459-1879-21-356) 吴磊, 肖左利

通过对不同滤波尺度下的槽道流直接数值模拟(DNS)亚格子应力的训练,人工神经 网络(ANN)模型能够准确预测出真实的亚格子应力空间分布、均值、均方根剖面及亚格 子反传等其他亚格子物理量,并且能够对滤波尺度、雷诺数作一定的内插与外推泛化,在 先验及后验测试中较传统的大涡模拟(LES)模型均有不同程度的提高.











基于人工神经网络的非结构网格尺度控制方法 (2682-2691, doi: 10.6052/0459-1879-21-334)

王年华,鲁鹏,常兴华,张来平,邓小刚

从效率和自动化程度出发,采用基于贪婪算法的径向基函数插值进行网格尺度控制. 同时,搭建了用于网格尺度控制的神经网络模型,初步设计了样本数据格式,通过现有网 格样本训练,实现了基于人工神经网络的网格尺度控制方法.翼型网格生成测试结果表 明,新发展的方法网格质量满足要求,且较传统背景网格法效率提高 5-10 倍.

基于尾流时程目标识别的流场参数选择研究 (2692-2702, doi: 10.6052/0459-1879-21-332) 战庆亮, 葛耀君, 白春锦

本文提出了基于尾流时程数据深度学习的流场特征提取与识别方法,对流场中不同 物理参数时程的识别精度进行分析与研究.通过对圆柱和方柱的尾流数据研究结果表明, 基于本文的卷积神经网络模型、采用流场横向速度时程作为物体外形识别信号,在流场 特征提取与识别方面具有好的训练收敛性和高的预测精度.

Gappy POD 方法重构湍流数据的研究 (2703-2711, doi: 10.6052/0459-1879-21-464) 李天一, Buzzicotti Michele, Biferale Luca, 万敏平, 陈十一

本文研究了 gappy POD 在湍流数据重构中的应用,主要关注了以下两个因素的影响: 第一,数据本身的复杂程度;第二,破损区域的面积大小和几何形状.当流场复杂程度较高 时,很小的 POD 截断误差也会导致很大的重构误差,此时需要采用流场所有的 POD 模态 进行重构以消除截断误差.破损区域的面积越大,或者破损面积相同时,破损区域内信息 所包含的相关性越大,重构误差越大.

基于深度强化学习算法的颗粒材料应力-应变关系数据驱动模拟研究 (2712-2723, doi: 10.6052/0459-1879-21-312) 狄少丞, 冯云田, 瞿同明, 于海龙

基于离散元模拟数据,以平均孔隙率、细观组构参数和弹性刚度参数为内变量,借助 有向图网络表征不同内变量及不同链接路径下的本构预测模型,采用 AlphaGo Zero 深度 强化学习算法自动寻找最优的内变量间链接关系,最终建立表征颗粒材料力学行为的数 据本构模型.

基于 SBFEM 和深度学习的裂纹状缺陷反演模型 (2724-2735, doi: 10.6052/0459-1879-21-360)

江守燕,万晨,孙立国,杜成斌

本文将 SBFEM 和深度学习相结合,提出了基于 Lamb 波在结构中传播时的反馈信号 定量识别结构内部裂纹状缺陷的反演模型. 该模型规避了传统反分析问题的目标函数极 小化迭代过程,在保证计算精度的前提下大大减少了计算成本.结果表明:建立的缺陷识 别模型能够准确地量化结构内部的裂纹状缺陷,对浅表裂纹亦有很好的识别效果.











文章导读

流体力学

均匀电场中气泡上升特性的实验研究 (2736-2744, doi: 10.6052/0459-1879-21-352) 陈烁,王太,苏硕,谢英柏,刘春涛

为了获得外加电场作用下气泡的动力学特性,设计与搭建了可视化实验平台如图所 示,采用 50 kV 高压直流电源构建均匀电场,高清摄像机拍摄实验图像,引入电场强度、 气泡体积与溶液介电常数作为变量,探究其对气泡动力学特性的影响,观测了竖直与水平 均匀电场中气泡的上升过程,分析了不同变量下气泡变形状况与上升速度的变化.

亚毫米球体撞击液滴过程实验研究 (2745-2751, doi: 10.6052/0459-1879-21-351) 左子文, 蒋鹏, 王军锋, 王林, 霍元平

本文开展了亚毫米球体撞击液滴的实验研究. 撞击行为呈振荡和浸入两种模式. 撞击 角度越大空穴不对称性越明显.结果表明:冲击阶段形状阻力主导撞击行为,球体动能损 耗量与撞击速度正相关. 空穴发展阶段球体动能转化为维持空穴形状的表面能. 振荡模式 空穴长度与韦伯数正相关. 临界浸入韦伯数 Wecr 与撞击角度 a 关系式 $We^{1/2}$ = a/40.

一种改进的颗粒移动床 u(I) 拟流体模型及应用 (2752-2761, doi: 10.6052/0459-1879-21-320)

吴坤,刘向军,戴椰凌

基于颗粒流 u(I) 模型, 补充局部颗粒体积分数与局部压力和局部颗粒流密度关系式, 将移动床内密集颗粒流处理成可压缩的拟流体,建立了颗粒流单相可压缩 u(1) 模型.应用 该模型详细研究了3种典型散料在移动床缩口料仓内的流动和颗粒单管绕流流动、模拟 结果合理揭示了研究工况内颗粒流速度、体积分数和惯性数等分布特性.

水中开孔腔流激振荡控制实验研究 (2762-2775, doi: 10.6052/0459-1879-21-143) 章文文,徐荣武,何琳,潘龙德,赵佳锡

为探究有效抑制水中开孔腔流激振荡的控制方法和作用特性,提出一种流动控制装 置——前缘分流体,并对水中开孔腔的流激振荡特性及其控制进行了实验研究,研究结果 表明:水中开孔腔流激振荡形式以剪切层自持振荡为主,且具有随流速升高而急剧增强的 趋势;前缘分流体对水中开孔腔绕流自持振荡具有良好的抑制效果和低频频移作用.

固体力学

基于绝对节点坐标法的平面梁有限变形下变形重构 (2776-2789, doi: 10.6052/0459-1879-21-338)

吴懋琦,谭述君,高飞雄

借助绝对节点坐标法(ANCF)构造了一类逆梯度缩减 ANCF 平面索梁单元,提出了一 种大变形下平面梁的变形重构方法.数值结果表明,本方法的变形重构误差小于1%,且在 测点较少的情况下依然保持较高的精度,具有良好的收敛性和计算效率,尤其是在大变形 下明显优于 Ko 法等经典方法.



Ve^{12} We





nitial disturbance and feedback disturbance

shear layer with K-H instability

ailing-deg disturbanc







考虑混凝土塑性耗散的 CDM-XFEM 裂缝计算方法 (2790-2799, doi: 10.6052/0459-1879-21-272)

金浩, 余朔

针对混凝土结构受荷载作用产生裂缝的问题,准确计算混凝土结构裂缝的发展方向 是裂缝治理的关键之一.现有 CDM-XFEM 方法忽略了宏观裂缝出现时混凝土产生的塑 性应变, CDM 与 XFEM 的能量转化过程欠缺平衡性.本文基于能量及应力等效的条件重 新构建了能量转化方程,形成了考虑混凝土塑性耗散的 CDM-XFEM 计算方法.

K₀ 超固结结构性黏土的本构模型 (2800-2813, doi: 10.6052/0459-1879-21-265) 万征, 曹伟, 刘媛媛, 张红芬

*K*₀ 超固结性与天然结构性对黏土的剪胀性质产生显著的影响,通过水滴形屈服面, 引入相对应力比用来反映*K*₀ 超固结特性,引入结构性屈服面以及结构性状态参量 χ 和胶 结参量 *p*_e,给出胶结参量的衰减规律演化方程,使其能够反映结构性黏土典型的剪胀曲 线,最终构建了能一并反映*K*₀ 超固结性质与天然结构性质影响应力应变关系的本构 模型.

动力学与控制

时间尺度上 Lagrange 系统的 Hojman 守恒量 (2814-2822, doi: 10.6052/0459-1879-21-413)

张毅,田雪,翟相华,宋传静

利用对称性和守恒律可简化动力学问题甚至求解力学系统的精确解,更好地理解其动力学行为.时间尺度分析将连续和离散动力学模型统一并拓展到时间尺度框架.建立并证明时间尺度上 Lagrange 系统的 Lie 对称性定理,给出时间尺度上 Hojman 型新守恒量.以两自由度系统为例,给出不同时间尺度上 Lie 对称性和 Hojman 守恒量,并数值模拟验证结果的正确性.

倍频激励双转子振动同步机理与实验研究 (2823-2840, doi: 10.6052/0459-1879-21-359) 邹敏, 方潘, 侯勇俊, 彭欢, 王德金

针对在钻井工程中同频振动筛容易引发筛孔堵塞和泥浆溢流的问题,提出一种倍频 激励双转子自同步振动系统.采用振动力学理论揭示系统实现倍频同步的前提条件和稳 定性评估标准.根据机电耦合模型建立倍频同步振动系统的实验平台,开展系统在不同工 况下的动态特性和同步运动状态研究,为研制新型非常规轨迹的振动机械提供较好的理 论依据.

基于能力评估的空间翻滚目标抓捕策略优化 (2841-2852, doi: 10.6052/0459-1879-21-436) 许若男, 罗建军, 王明明

空间双臂机器人对动态目标的抓捕相比于静态目标更加复杂.对抓捕策略进行优化 可以提高空间双臂机器人对翻滚目标的操作能力以保证任务的成功.在对系统运动学与 动力学分析基础上,建立协调工作空间,并分析基于任务兼容度的消旋能力评估指标.基 于能力评估确定抓捕策略可以充分利用双臂的协调性以增加对动态目标的操作能力.











文 章 导 读

生物、工程及交叉力学

斜爆轰发动机的推力性能理论分析 (2853-2864, doi: 10.6052/0459-1879-21-206) 杨鹏飞, 张子健, 杨瑞鑫, 滕宏辉, 姜宗林

斜爆轰发动机的工作过程主要包括进气压缩、燃料掺混、燃烧释热和排气膨胀等四 个过程.本文借助理论分析方法,分别针对这四个工作过程的流动特点进行建模分析,并 着重讨论了过驱动斜爆轰、Chapman-Jouguet 斜爆轰、过驱动正爆轰和斜激波诱导等容 燃烧等四种燃烧模式对发动机比冲性能的影响.

周期性非均匀介质中气相爆轰波演变模式研究 (2865-2879, doi: 10.6052/0459-1879-21-069)

陈达,宁建国,李健

温度扰动可以在一定的范围内抑制胞格不稳定性的发展,温度的不连续性使得爆轰 波阵面更为扭曲,并在横波附近存在较弱的三波点结构,增加爆轰波固有的不稳定性,改 变爆轰波阵面的传播机理.幅值较大的人工温度扰动可抑制爆轰波的传播和爆轰波自身 的不稳定性.爆轰波阵面胞格结构的形成取决于温度扰动与其自身的不稳定性.

页岩储层纳微米孔隙 CO₂/CH₄ 吸附及驱替特性研究进展 (2880-2890, doi: 10.6052/0459-1879-21-292)

邓佳,吕子健,张奇,宋付权,李久江,赵广杰

本综述从实验、理论以及模拟方面对页岩储层纳微米孔隙中 CH₄ 的吸附特性、CO₂/CH₄ 二元混合物竞争吸附特性以及驱替特性进行了综合分析, 对气体在纳微米孔隙 中吸附及驱替特性的基础研究及关键问题进行讨论分析并提出了展望. 研究表明 CH₄ 在 页岩储层中表现为物理吸附, 在相同条件下, CO₂ 比 CH₄ 更易被页岩储层吸附, 在页岩储 层中注入 CO₂ 可以促进 CH₄ 的解吸, 并有利于 CO₂ 的地质埋存.





 $p/p_{\rm VN}$