

复杂边界中湍流-颗粒相互作用的并行求解框架¹⁾

秦建华^{*,+}, 杨晓雷^{*,+,2)}

* (中国科学院 力学研究所, 北京 100190)

+ (中国科学院大学 工程科学学院, 北京 100049)

摘要: 本研究提出了一个并行的数值模拟框架来求解具有复杂边界的三维空间中湍流-颗粒的相互作用, 可以考虑流体中具有复杂几何形状的浸没物体、大量球形颗粒、颗粒-颗粒的相互作用以及颗粒-复杂边界的相互作用。我们分别使用曲线坐标浸没边界方法和直接力浸没边界方法解析结构和颗粒的边界。对于颗粒-颗粒和颗粒-复杂边界的相互作用, 当出现接触时, 使用离散元方法处理, 而当颗粒和壁面之间的间隙在一个临界距离内时, 采用润滑力模型。当拉格朗日点接近结构时, 采用了使这些点无效的"干式"接触方法。为提高计算效率, 本研究开发了一种快速算法来区分有效和无效拉格朗日点, 并通过对基准问题的模拟验证了所提出的算法具有模拟颗粒和复杂边界间相互作用的能力。通过与 Richardson-Zaki 曲线的比较, 表明所提出的耦合框架成功地再现了沉降受阻现象。对满载颗粒的粗糙槽道流的模拟显示了该方法具有模拟复杂边界颗粒湍流的能力。

关键词: 解析颗粒; 复杂边界; 颗粒湍流; 浸没边界方法

1) 资金资助项目 (国家自然科学基金委基础科学中心项目 (批准号 11988102)、国家自然科学基金面上资助 (批准号 12172360)、国家数值风洞项目 (批准号 NNW2021ZT1-B34)、中国博士后科学基金面上资助 (批准号 2021M693241))