

气固下行床中壁面对介尺度曳力的影响规律探究

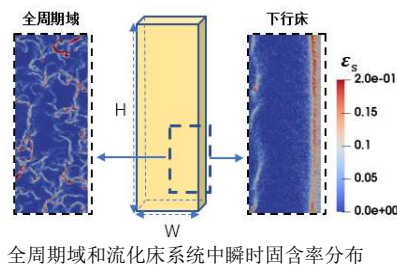
袁守正, 周强
西安交通大学, 西安, 710049

01 背景

气固流态化反应器广泛应用于煤炭、石油和生物质的清洁高效利用过程工业中。然而, 受颗粒和流体行为的非稳态非线性影响, 反应器内部常存在复杂的非均匀介尺度结构, 如形状各异的聚团、条带和鼓泡等。粗网格模拟技术可用于解析非均匀结构, 但需对曳力模型进行介尺度修正。传统介尺度曳力模型的构建通常基于全周期域的细网格模拟数据集, 未考虑壁面的影响, 而流化床壁面会影响附近的非均匀结构, 进而影响到壁面附近颗粒所受的曳力, 探讨壁面效应对介尺度曳力模型的影响很有必要。

02 目的

对拟二维全周期系统和不同床宽的周期下行床系统的介尺度曳力修正系数相对误差径向分布进行比较, 探究周期下行床中的介尺度曳力回归全周期系统曳力的现象, 分析曳力修正系数径向分布的影响因素。



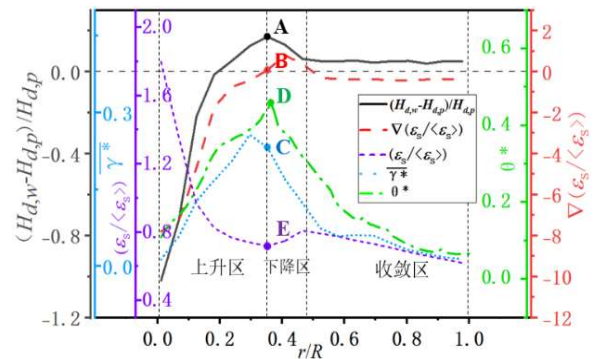
全周期域和流化床系统中瞬时固含率分布

03 方法

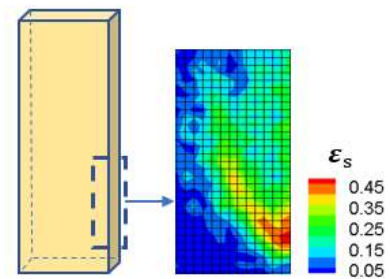
设计数值模拟探究壁面效应对介尺度曳力模型的影响。采用CFD-DEM对拟二维全周期系统和多个下行床系统进行了模拟, 并进行滤波, 计算得到两者的介尺度曳力修正系数, 对曳力修正系数相对误差沿径向位置的变化规律进行了分析。全周期系统与下行床系统的曳力修正系数相对误差记为 $(H_{d,wall} - H_{d,period})/H_{d,period}$, 简写为 $(H_{d,w} - H_{d,p})/H_{d,p}$ 。

模拟结果表明:

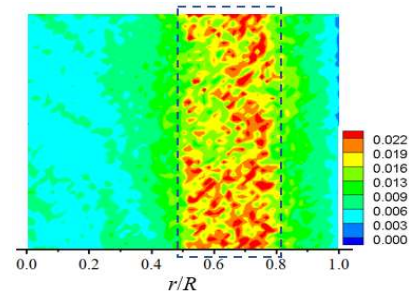
曳力系数相对误差的值受该位置的固含率、固含率梯度、固相剪切率及粒化温度分布等因素影响。壁面附近较致密的颗粒聚团是曳力修正系数相对误差出现负值的原因, $r/R=0.36$ 附近存在的高粒化温度区是曳力修正系数相对误差出现正的极值的原因。



曳力系数相对误差、固含率、固含率梯度、剪切率及粒化温度径向分布对比图



流化床中瞬时固含率分布



流化床中粒化温度分布

另外拟合了曳力系数相对误差关于径向位置的函数关系式, 此关系式可以用于修正基于周期域数据的介尺度曳力模型。

$$\begin{aligned} & (H_{d,w} - H_{d,p})/H_{d,p} \\ &= \begin{cases} a + 0.205 + 1.428(e^{-0.360/(r/R)} - e^{-[1-(r/R)]/0.133}), & r/R \geq 0.640 \\ a + 0.205e^{-[0.640-(r/R)]/0.075}, & r/R < 0.640 \end{cases} \end{aligned}$$

04 结论

全周期系统和下行床系统的介尺度曳力修正系数相对误差可用于表示曳力受壁面效应影响的程度, 而相对误差的值受该位置的固含率、固含率梯度、固相剪切率及粒化温度分布等因素影响。