

基于速度分解方法的气液两相流相变模型¹⁾

卢敏^{*,+}, 杨子轩^{*,+,2)}, 何国威^{*,+}

* (中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室, 北京, 100190)

+ (中国科学院大学工程科学学院, 北京, 100049)

摘要: 为研究两相流相变问题, 本文基于两相流数值求解器 CAS-Tank (Computational Air-Sea Tank) 发展了一种新的两相流相变模型。在该方法中, 我们采用速度分解将流场速度 \mathbf{u} 分解为有势部分 $\tilde{\mathbf{u}}$ 和有旋部分 $\bar{\mathbf{u}}$, 有效的消除了数值误差对界面推进过程的干扰。有势速度 $\tilde{\mathbf{u}}$ 由相变体积膨胀诱导, 该速度散度等于相变体积膨胀率, 可采用泊松方程进行求解; 有旋部分 $\bar{\mathbf{u}}$ 由流场速度减去有势速度获得 (既, $\bar{\mathbf{u}} = \mathbf{u} - \tilde{\mathbf{u}}$), 该部分速度散度为零, 可采用 NS 方程求解器进行求解。此外, 为了确保界面的准确推进, 我们将相变导致的流体体积变化转换为沿界面法向的连续速度场 $\hat{\mathbf{u}}$, 并且将该速度与有旋速度叠加获得界面推进速度 \mathbf{u}_Γ ($\mathbf{u}_\Gamma = \bar{\mathbf{u}} + \hat{\mathbf{u}}$)。体积变化诱导速度 $\hat{\mathbf{u}}$ 可通过求解常系数泊松方程获得。为了验证模型, 我们分别进行了定蒸发速率下二维液滴相变数值模拟、一维 Stefan 和 Sucking 问题数值模拟、二维液滴在饱和温度蒸发数值模拟以及二维液滴在低于饱和温度下蒸发数值模拟, 通过测试发现该方法能够对以上问题稳定求解并且计算结果与解析解相符。为确认模型的有效性, 我们还对二维以及三维液滴下落过程中的蒸发现象进行数值模拟, 计算结果与文献结果一致。

关键词: 相变模型; 速度分解; 蒸发; 气液两相流

1) 资金资助项目: 国家自然科学基金基础科学中心“非线性力学的多尺度力学研究”项目 (No. 11988102), 国家自然科学基金项目 (No. 11972038)