基于移动网格和显隐算法的虚拟流体方法及其改进

丁岩

摘　要

虚拟流体方法(Ghost Fluid Method, GFM)是计算可压缩多介质流动问题的一种有效方法，有许多后续的改进形式。其中发展较快的一种是基于在界面处求解近似Riemann问题的修正虚流体方法(MGFM)，因其稳健性更好、能处理大密度比、大压力比问题而得到广泛的研究。

本文针对MGFM及其后来的改进形式RGFM在计算满足刚性气体状态方程的二维可压缩多介质流动中的一些问题，从以下三个方面开展了研究工作：

1. 针对RGFM只选用界面两侧某些网格点处的流动状态作为Riemann问题的初值容易造成非物理振荡的问题，本文改用界面两侧插值点处的流动状态作为Riemann问题的初值，这一改进成功地消除了初值的不规则分布，实际算例显示了改进后的计算效果。本文还实现了改进RGFM的并行计算，并对水下爆炸问题进行了较大规模的数值模拟。

2. 将RGFM与自适应移动网格技术相结合，发展了自适应移动网格上的虚流体方法，提出了保证移动网格不穿过物质界面的新的处理方法。对二维多介质流问题的模拟结果显示移动网格技术可以有效的改善虚流体方法在物质界面处的计算精度和减小非守恒误差，而且计算效率也可以大为提高。

3. 将一种基于原始变量修正的二阶显-隐式算法和改进后的RGFM相结合，发展了可更好地处理低马赫数刚性问题的GFM算法，增强了方法的数值稳定性，进一步提高了抑制界面处非物理数值振荡的能力，使得在较大时间步长下能得到光滑的计算结果。

关键词： 可压缩多介质流，虚拟流体方法，等压修正，近似Riemann问题解，自适应移动网格技术，半隐式算法，大密度比，大压力比