

CSTAM2012-B03-0174

气体流动的扩散信息保存方法

费飞¹⁾, 樊著

(中国科学院力学研究所高温气体动力学国家重点实验室, 北京 100190)

摘要: 直接模拟 Monte Carlo (DSMC) 方法是应用最为广泛的气体流动的分子模拟方法之一, 该方法在稀薄气体流动的模拟和研究方面取得了巨大的成功。但是当 Kn 数逐渐减小, 所关心流动的时间和空间尺度远远大于分子运动的时空尺度时, 直接应用 DSMC 方法模拟是非常困难的。有的研究者采用扩散观点, 将分子运动和碰撞耦合在一起考虑。这种做法从源头上消除了 DSMC 方法对于时间步长和网格大小的苛刻限制, 其实现的关键在于如何实时获得每个分子所在网格的流动速度和温度, 以计算分子的对流和扩散运动。Jenny 等和 Gorji 等采用与 DSMC 相同的办法, 通过分子速度的统计平均来获得。遇到的问题, 正如他们自己说的那样: “新模型有着和 DSMC 相同的随机噪声”, “低 Mach 数流动噪声带给两种方法的困难一如所料”。

本文提出了一种扩散信息保存 (diffusive information preservation, D-IP) 方法, 其主要思想是将分子扩散运动观点与信息保存 (IP) 方法结合起来, 这样既避免了 DSMC 方法对时间步长和网格大小的限制, 也克服了先前分子扩散方法面临的统计噪声困难。利用 D-IP 方法计算了二维方腔流动, 并于 Navier-Stokes 方程数值结果进行了比较, 在时间步长和网格大小分别是分子平均碰撞时间和平均自由程的几十倍的情况下, 均得到非常满意的结果。

关键词: 气体流动, 分子模拟方法, 时空步长限制, 扩散模型

¹⁾ Email: smartlingyu@126.com