

DSMC 碰撞模型参数对高超声速化学反应流的影响

赵文盛¹⁾, 胡远, 李锦, 耿湘人, 杨超, 孙泉华

* (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)

+ (中国科学院大学工程科学学院, 北京 100049)

+ (中国空气动力研究与发展中心计算空气动力研究所, 绵阳 621000)

摘要: 直接模拟蒙特卡罗 (DSMC) 方法是一种高效、精确的气体流动模拟方法。DSMC 方法高效计算的关键在于它处理分子水平上的输运, 内能松弛和化学反应过程使用的唯像模型。例如, Bird 的变径硬球 (VHS) 模型是 DSMC 中处理弹性碰撞最成功的模型, 该模型试图只再现气体粘度对温度的指数依赖关系, 而不是对粒子之间的相互作用进行详细的建模。唯象模型参数的准确性对 DSMC 仿真的准确性至关重要。在早期的发展过程中, 这些唯象碰撞模型参数通常是根据实验测得的有限温度范围输运系数数据进行校准的。人们已经认识到这些参数在高温范围内可能是不准确的, 例如, 在再入飞行中遇到的温度大于 10000K 的情况。因此, 最近新的高温空气参数被推荐, 通过对广泛使用的碰撞模型, 如 VHS 和可变软球 (VSS) 模型, 基于从头计算的碰撞积分数据进行参数标定。这些基于从头计算的碰撞参数的准确性已经被证明了。本文针对 DSMC 模拟最常用的唯象碰撞模型, 通过拟合基于从头计算的碰撞积分数据对 DSMC 模型参数进行重新标定。在本文中, 我们将通过使用一个最新开发的采用特定碰撞配对策略的 DSMC 程序研究碰撞参数对高超声速化学反应流动模拟流场特性的影响。圆柱体的高超声速反应流的初步结果表明, 不同的 DSMC 碰撞模型参数, 激波位置、表面热流率等流场特性有显著变化。本文将进行分析以确定模型参数影响流动特性的通道 (例如扩散或反应过程)。

关键词: DSMC; 碰撞模型参数; 高超声速化学反应流