

cients. In another scheme, we inverse-designed the equilibrium moments for correct Navier-Stokes equations. Furthermore, we show that the latter can be accomplished on a rectangular grid, even with the BGK collision. In 3D, we have designed an LBM-MRT model using a cuboid lattice, namely, a grid with different grid lengths in different spatial directions. By using the Chapman-Enskog expansion and the same transformation matrix as the cubic LBM-MRT model, we construct a proper model for the Navier-Stokes equations by modifying the equilibrium moments to include proper elements of the viscous stress, in order to restore viscosity isotropy. The form and the coefficients in the modified equilibrium moments are determined through an inverse design process. Another function of the modified equilibrium moments is to offer the possibility of adjusting the fluid viscosity after the relaxation parameters are prescribed.

lwang@udel.edu

MS8201

CSTAM2015-A21-E1695

非平衡稀薄流场与有限催化壁的细观耦合作用

王智慧

中国科学院大学物理科学学院, 北京 100049

采用模型理论分析和直接模拟蒙特卡洛 (DSMC) 数值计算相结合的方法, 初步研究了在各种非平衡稀薄流场及不同壁面催化系数下, 微钝前缘驻点热流的变化特征, 特别考虑传导热与壁面催化复合反应加热的相互影响, 并讨论了耦合作用相关物理机制。

wisdom@ucas.ac.cn

MS8202

CSTAM2015-A21-E1696

稀薄弱电离气体的 DSMC 模拟方法

方明, 李志辉, 梁杰, 李中华

中国空气动力研究与发展中心超高速空气动力学研究所, 绵阳 621000

基于 DSMC 方法, 用化学反应模型模拟稀薄气体电离过程, 建立了该过程的二体碰撞模型及其能量分配方式, 发展了稀薄气体等离子体效应亦即电场强度高效计算方法, 提出了粒子运动的重粒子与电子组分分离思想, 初步建立了稀薄气体电离过程的模拟框架。基于 MPI 并行构架, 搭建了适用于复杂飞行器再入稀薄段外流电离计算的 DSMC 模拟平台, 在传统 DSMC 稀薄气动力/热计算输出的基础上, 能考察流场电子密度分布进而分析弱等离子体属性。

fangm@pku.edu.cn

MS8203

CSTAM2015-A21-E1697

线性 Fokker-Planck 方程粒子模拟方法中时间离散的分析

费飞, 柳朝晖

华中科技大学煤燃烧国家重点实验室, 武汉 430074

将从输运系数出发, 对线性 Fokker-Planck 方程粒子模拟方法中时间离散导致的误差进行分析。首先利用 Green-Kubo 公式得到了输运系数与时间步长关系的解析表达式, 其与数值模拟的结果是相符合的; 其次可以发现, 当时间步

长较小时, 输运系数与 FPSA 方法的结果一致; 当时间步长较大时, 则趋于 D-IP 方法的结果, 在线性 Fokker-Planck 方程的框架下, FPSA 方法和 D-IP 方法是相互联系的。

ffeih@hust.edu.cn

MS8204

CSTAM2015-A21-E1698

化学非平衡流中钝头体表面的广义雷诺比拟

陈星星, 王智慧, 余永亮

中国科学院大学物理科学学院, 北京 100049

采用理论模化的方法, 研究了高超声速非平衡化学反应流动中钝头体表面摩擦和热流的广义雷诺比拟关系。我们基于边界层的流动特征, 提出了化学反应流动中动量和能量在边界层内部的传递模型, 并通过近似理论分析, 分别给出了在非平衡离解和复合反应影响下, 摩擦和热流各自随流动参数变化的规律, 进而得到了摩擦与热流系数的比值沿钝头体表面的分布。无化学反应时, 该比值与物面当地倾斜角呈线性正比关系; 考虑离解反应并不改变其线性分布特征, 仅引起比例系数增大; 进一步考虑非平衡复合反应则会导致该比值沿流向呈非线性分布。以高超声速圆柱绕流为例, 给出了近似解析形式的广义雷诺比拟关系, 同时采用直接模拟蒙特卡洛 (DSMC) 方法对理论分析结果进行了标定和验证。

chxx@mail.ustc.edu.cn

MS8205

CSTAM2015-A21-E1699

JP-10 裂解的激波管实验与动力学模拟

王苏, 熊壮, 范秉诚, 崔季平

中国科学院力学研究所, 北京 100190

利用单脉冲激波管对 JP-10 在 1150—1350 K 条件下的裂解进行了实验研究, 用气相色谱法分析裂解产物。主要裂解产物有乙烯、乙炔、丙烯、丁烯、丁二烯、环戊二烯、环戊烯、苯、甲苯, 以及少量的甲烷、乙烷、二甲苯和甲基环戊烯。为了消除激波运行中非理想性和边界层影响确定反应温度的误差, 本文采用对比速率法测温。在实验研究的基础上, 利用动力学软件 CHEMKIN PRO 在对应条件下对 JP-10 的裂解进行模拟研究。

412562767@qq.com

MS8206

CSTAM2015-A21-E1700

高超声速平板绕流中的黏性干扰与稀薄气体效应分析

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

选择高超声速平板绕流问题来分析黏性干扰与稀薄气体效应对流动的影响。采用动理论计算来分析从平板前缘到尾缘的详细流动情况。在平板前缘, 稀薄气体效应永远存在, 其非平衡影响可以用能量非平衡来表示; 当平板表面的速度滑移可以用一阶理论描述时, 可以认为流动进入了滑移区。其边界层位移可近似从激波角分析得到, 进而可以评估传统的黏性干扰理论。定量上, 通过平板表面的摩擦分析, 得到连接连续和自由分子流的桥函数公式。

qsun@imech.ac.cn