

CSTAM2012-B03-0308

稀薄气体效应对高超声速飞行流动的影响分析

陈松*, 胡远*, 孙泉华*,†,1

*(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)

†(中国科学院高超声速科技中心, 北京 100190)

摘要: 高超声速飞行器在飞行过程中, 由于黏性耗散和激波压缩, 流动一般具有高速、高温和热化学非平衡的特点; 同时由于气动热约束, 高超声速巡航要求在密度较低的大气环境中进行, 稀薄气体效应显现, 流动物理更为复杂。本文结合 CFD 与 DSMC 方法, 分别模拟了平板、圆柱和球头等简单外形在氩气和近真实大气环境中飞行时的流场, 分析了稀薄气体效应对高超声速流动的一些影响规律。研究发现, 平板前缘存在局部稀薄气体效应, 即使对于小 Kn 数流动, CFD 与 DSMC 模拟结果在前缘区域亦存在一定差异; 此外由于黏性效应与稀薄气体效应存在竞争, 壁温变化对气动力的影响随 Kn 数呈现非单调的变化规律。在大气环境条件下, 高温引起的分子振动激发、化学反应等真实气体效应将显著改变飞行器前缘附近流场, 并在一定程度上降低壁面的摩阻系数和 Stanton 数; 但在稀薄气体效应显现后, 真实气体效应的影响受到削弱。目前的研究表明, 高超声速稀薄流动中存在着多种物理效应的相互耦合, 需要采用恰当的、多层次的理论和数值模拟才能给出合理而准确的流动描述。

关键词: 高超声速流动, 稀薄气体效应, 真实气体效应, 流动非平衡

1) Email: qsun@imech.ac.cn