

CSTAM2012-B03-0270

高空高速飞行器的紫外辐射特性

蒋建政, 张羽淮, 李帅辉¹⁾, 余西龙, 樊菁

(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: 本文研究高度 100 km 附近高超飞行器的紫外辐射特性。分别考虑两种情况, 外形均为半径 10 cm 的圆球。第一种情况, 来自美国弓形激波紫外辐射第二次飞行试验 (BSUV), 飞行速度约 5.1 km/s, 高度 80~100 km; 第二种情况, 来流速度 7.5 km/s, 高度 100~130 km。在上述高度范围内, 圆球周围流动是稀薄、非平衡的, 故采用直接模拟 Monte Carlo (DSMC) 方法。计算程序是我们自己编制的 (3R), 可分析多组分、分子内能激发、化学反应、物面催化复合等, 几何外形用表面元标示, 可处理三维复杂外形, 经过并行化, 即使近连续介质区三维非平衡稀薄气流, 也可在可承受时间内完成。本工作的难点在于紫外辐射组分 OH 的摩尔浓度远小于流场中的其它组分, 在 DSMC 计算中, 如果各组分采用相同或相近的加权因子, 则 OH 组分的模拟分子太少, 甚至没有, 无法反映实际情况。如果 OH 采取远小于其它组分的加权因子, 即使采用守恒组分加权算法, 分子碰撞以及碰撞后的速度、能量、化学反应的处理, 仍较为复杂。为解决这个问题, 本文采用示踪分子的方法, 首先利用 DSMC 方法获得由主要组分组成的流场的温度、密度和速度等物理量; 然后放入紫外辐射组分的示踪分子, 得到示踪分子的速度; 最后根据带化学反应源项的质量守恒方程获得紫外辐射组分的摩尔浓度分布, 为进一步获得紫外辐射强度提供流场数据。

¹⁾ Email: lee@imech.ac.cn