

CSTAM2012-B03-0271

稀薄大气密度涨落对高空超高速飞行器气动性能的影响

蒋建政, 张羽淮, 李帅辉¹⁾, 刘宏立, 孙泉华, 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: 地球周围的大气环境特性, 随高度的上升, 显著变化。对于本文关心的高度 100km 附近高超声速飞行器气动特性而言, 稀薄大气密度涨落影响是一个重要的问题。按照大气层划分, 高度 100 km 属于热层。热层的下界高度约 86 km, 上界高度与太阳活动有关, 在太阳宁静期约为 200 km, 太阳活动期约 500 km。热层下接中间层(高度 50~86 km), 上连电离层(高度 80~1000 km), 大气研究已知, 中间层主要受重力波和湍流影响, 电离层主要受太阳活动和地磁效应影响。高度 100 km 附近空域, 处在热层下界, 重力波、湍流、太阳活动和地磁效应等均有影响, 理论上需要 Navier-Stokes 方程和 Maxwell 方程耦合起来求解, 难度不小, 目前仍在探索之中。各种应用中常用的 1976 年美国标准大气(USA-1976), 基于中等太阳活动期间的探测数据和经验外推, 给出了从地面到高度 1 000 km, 大气密度、温度、组分等的长时、全球平均后的变化情况。实际大气, 在相对小的时空区域内, 与 USA-1976 相比, 当然会有所差别, 即所谓涨落。本文以 USA-1976 为基础, 通过直接模拟 Monte Carlo (DSMC) 计算, 考察了高度 100 km 公里附近密度涨落分别为 $\pm 100\%$ 时, 对超高速飞行器气动性能的影响。计算采用我们自己编制的多组分、有分子内能激发和化学反应的 DSMC 表面元三维并程序, 给出了典型球锥外形, 以 7.5 km/s 的速度飞行时的流场、表面辐射平衡温度以及稀薄气动力系数。初步计算表明, 大气密度涨落影响不容忽略, 详细结果将在全文中给出。

¹⁾ Email: lee@imech.ac.cn